



**Хандогина
Елена Николаевна,**
заместитель генерального
директора по научной
работе АО «ЦКБ РМ», к.ф.-м.н



**Владимиров
Дмитрий Николаевич,**
главный конструктор
АО «ЦКБ РМ»

Радиоматериалы: поглотить и отразить

АО «Центральное конструкторское бюро специальных радиоматериалов» (ЦКБ РМ) вот уже около 50 лет является ведущим предприятием ОПК России в области радиоэлектронного материаловедения.

Большой практический опыт, накопленный специалистами предприятия, позволяет и проводить совместные работы, учитывающие прогресс фундаментальной науки и производственный опыт отраслевого предприятия, и реально внедрять перспективные разработки. На предприятии, образованном в 1969-м году, разрабатываются и производятся поглотители и экраны электромагнитных волн военного и промышленного назначения.

При разработке и создании поглощающих и экранирующих материалов необходимо учитывать не только анализ процессов, происходящих в материале при падении на него электромагнитной волны, но множество различных эксплуатационных факторов, зависящих, в том числе и от предназначения таких материалов. Взаимодействие падающей ЭМВ с веществом описывается несколькими различными процессами: отражением, прохождением, поглощением, рассеянием, а также вторичным переотражением от задней поверхности поглощающего материала.

Основная задача, решаемая применением поглощающих материалов — это преобразование энергии падающей электромагнитной волны (ЭМВ) в другие виды энергии. Материалы при этом могут быть совершенно разные — диэлектрические например, полимерные, композиционные — с металлическими или другими проводящими включениями, магнитные, из которых наиболее известными являются ферриты и др. Та часть энергии падающей ЭМВ, которая поглощается в материале, в электропроводящих материалах приводит к возникновению вихре-



Рис. 1. Радиопоглощающие материалы для БЭК1

вых токов и, соответственно, к переходу энергии в тепло. В магнитоэлектриках поглощение энергии ЭМВ происходит за счет магниторезистивных, диэлектрических потерь и наведения слабых токов. В ферритах основное поглощение происходит благодаря явлению ферромагнитного резонанса. Поглотитель электромагнитных волн должен обеспечивать минимальное отражение мощности падающей ЭМВ. При этом в некоторых случаях, например, поглотителей, применяемых для скрытия объектов военной техники от радиолокационного обнаружения, положительный вклад в маскировку вносят и процессы диффузного рассеяния, так как главный результат — это отсутствие прямого отраженного сигнала, попадающего в антенну радара. Наиболее известное применение поглотителей электромагнитных волн — материалы для безэховых камер (БЭК). Такие камеры для радиочастотного диапазона длин волн должны обеспечивать полное отсутствие эха и применяются для оценки электромагнитной совместимости (ЭМС), измерения эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) объектов и др. радиозмерений. Площадь внутренней поверхности таких камер должна быть покрыта радиопоглощающими материалами (РПМ) и составляет, как правило, несколько сотен, а то

и тысяч квадратных метров. Выбор материалов камеры определяется ее назначением. Для проверки на ЭМС этот выбор достаточно однозначен — диапазон частот 30МГц может быть обеспечен только ферритами, а частоты большие требуют диэлектрических насадок, как правило, пирамидальной формы. Огромные камеры, построенные в конце восьмидесятих годов, исправно работают и по сей день, и более половины из них оборудованы РПМ, разработанных на нашем предприятии. (Рис. 1) Наиболее известные РПМ для БЭК — «Бамбук», «Ясень», «Север», «Кварц» и др.

Для камер длинноволнового диапазона высота (толщина) пирамидальных диэлектрических поглотителей доходит до полутора метров. Последние годы значительное количество новых БЭК оборудовалось материалами импортного производства. начальная стоимость одного квадратного метра материалов высокочастотного диапазона — 500 евро. Ферриты при этом стоят от 800–1000 евро за квадратный метр. В ЦКБ РМ разработаны новые материалы, например (РПМ «Тандем»), которые могут решать задачу импортозамещения в данной области. РПМ для БЭК запатентованы, они делаются под заказ и пользуются спросом специалистов по радиотехническим измерениям. (Рис. 2)



Рис. 2. Фрагмент БЭК, облицованный РПМ Тандем и МРПК1

Одним словом, создание новых поглотителей электромагнитных волн — это сложная материаловедческая задача, требующая не только знания основ электродинамики распространения волн, но и разнообразных технологических процессов, прогноза поведения материалов в различных условиях эксплуатации, а также экономической оценки по критерию цена-качество-необходимость применения.



Электромагнитные излучения, воздействуя на организм человека в дозах, превышающих допустимые, могут явиться причиной профессиональных заболеваний. Для радиоэлектронной аппаратуры любого назначения на территории России, должны соблюдаться российские нормы, обеспечивающие биологическую защиту от повышенного уровня электромагнитных излучений. Такую защиту могут обеспечить специальные экранирующие и поглощающие материалы. На предприятии разработаны экологически чистые хлопчатобумажные, льняные и синтетические ткани для медико-биологической защиты населения и персонала, проживающего и работающего в условиях воздействия повышенных электромагнитных полей. Ткани могут быть изготовлены с помощью различных технологических приемов и на основе разных активных элементов. Ферромагнитный микропровод, расположенный в структуре ткани, обеспечивает снижение уровня падающего электромагнитного излучения в 10–1000 раз, в зависимости от типа микропровода и схемы плетения ткани. Такая спецодежда позволит защитить оператора РЭА от воздействия электромагнитных излучений. Приведенный на рис. 3 костюм был разработан для оператора-блокиратора радиоуправляемых взрывных устройств. Костюм демонстрировался на Международном военно-техническом форуме «Армия 2016» различных показательных занятиях для командного состава МО РФ и вызвал большой интерес.

Кроме этого, эти же материалы могут применяться в целях защиты информации для охраны государственной и коммерческой тайны, например шторы для переговорных комнат для устранения возможности несанкционированного съема информации через оконные проемы.

В качестве отделочного материала помещений зданий, расположенных в условиях повышенного уровня электромагнитных полей (например, вблизи антенн и радиопередатчиков) разработан и выпускается рулонный отделочный экранирующий материал электронно-химического отверждения (РОМ). Этот материал изготавливается непрерывным способом путем одновременного формования и отверждения электронным пучком с использованием медной электролитической фольги.

РОМ предназначен для экранирования от воздействия электромагнитных излучений и защиты от несанкционированного доступа к конфиденциальной информации по техническим каналам. Может применяться для облицовки щитовых деталей древесно-стружечных, асбестоцементных плит и т. д., отделки деталей мебели,



Рис. 3. Костюм для защиты от вредного воздействия ЭМИ

а также может использоваться в качестве самостоятельного отделочного материала.

На основе ферромагнитного микропровода в АО «ЦКБ РМ» был создан уголкового отражателя. В классическом понимании уголкового отражателя — искусственная локационная цель (в радиолокации) с большой величиной эффективной площади рассеяния, слабо зависящей от угла падения электромагнитных волн. Эффективная площадь рассеяния $S_{\text{эф}}$ — площадь гипотетической плоской цели, имеющей коэффициент отражения в заданном направлении, что и данная цель.

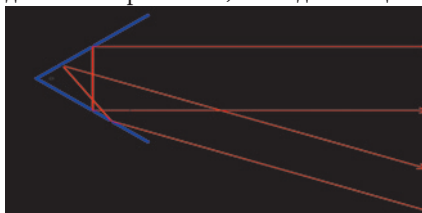


Рис. 4. Уголкового отражателя на основе ферромагнитного микропровода

Уголкового отражателя как правило изготавливается из металла или металлических сеток в виде прямоугольного тетраэдра со взаимно перпендикулярными отражающими плоскостями. Излучение, попавшее в уголкового отражателя, отражается в строго обратном направлении. Это устройство устанавливают на навигационных буйях, спасательных лодках, на подступах к аэродромам и т. д.

Разработанный специалистами АО «ЦКБ РМ» уголкового отражателя с ферромагнитным микропроводом представ-

ляет собой легкую конструкцию, обеспечивающую высокий уровень отражения радиолокационного сигнала. Конструктивное исполнение такого уголкового отражателя следующее.

Отражающая поверхность изготовлена из светопрозрачного материала (стекло, пластик) с введенным в него ферромагнитным микропроводом. Основные отличия от известных металлических уголкового отражателей:

- малый вес;
- возможность управления диаграммой рассеяния;
- изготовление в светопрозрачном варианте;
- работа в любых климатических условиях в сочетании с коррозионной стойкостью;
- устойчивость к вибрационным и ветровым нагрузкам;
- возможность сочетания со стандартными навигационными световыми знаками без существенного увеличения их стоимости.

Устройство может найти широкое применение при производстве средств точной имитации радиолокационного образа объектов ВВТ (создание ложных целей). Такой уголкового отражателя позволяет обнаружить месторасположение объекта в любых погодных условиях.

Специальные радиоматериалы и устройства на их основе, разработанные в ЦКБ РМ, позволяют применять их в самых различных областях, так или иначе связанных с распространением электромагнитных волн. Решений задачи мы можем предложить довольно много — предприятие является правообладателем 55 патентов РФ, полученных за последние десять лет.



АО «ЦКБ РМ»
 Россия, 117587, г. Москва
 Варшавское шоссе, д. 125Б
 Тел.: (495) 361–4504
 Факс: (495) 362–4844
 E-mail: ao@ckbrm.ru
 URL: www.ckbrm.ru