

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Сухоницкая Е. В., Шараев Н. П.

Позняк А. А. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Одной из важных технических проблем современного мира является подавление нежелательных электромагнитных излучений, возникающих из-за несовершенства конструкций излучающих блоков. Такие излучения могут оказывать влияние на организм человека, а также быть причиной образования электромагнитного канала утечки информации. В связи с этим разработка высокоэффективных, широкополосных, технологичных и удобных в эксплуатации экранирующих и радиопоглощающих материалов является актуальной.

Введение

При разработке конструкций экранов электромагнитного излучения (ЭМИ) или поглотителей электромагнитных волн, в настоящее время, используются различные материалы, обладающие способностью отражать или поглощать это излучение в определенном диапазоне частот. В природе не существует ни идеально отражающих, ни идеально поглощающих электромагнитную энергию материалов, поэтому подавление ЭМИ чаще всего обеспечивается за счет их комбинирования [1]. Из этого следует, что важную роль при создании экрана электромагнитного излучения играет сама его конструкция. В современном мире существует большое количество экранов ЭМИ. Сферой же их применения, в основном, является защита информации и подавления излучений, вредных для живых организмов и человека, в частности.

I. Конструкции экранов электромагнитного излучения

Все конструкции экранов электромагнитного излучения можно разделить на 4 категории: однослойные, многослойные, со структурной неоднородностью, комбинированные.

Однослойные конструкции экранов ЭМИ. Такие конструкции выполняются листовой формы и в виде сеток из разнообразных материалов (сталь, медь, алюминий, цинк, латунь). Наиболее технологичными являются конструкции экранов из стали, так как при их изготовлении и монтаже можно использовать сварку. Применение сетчатых экранов ЭМИ обеспечивает снижение их материалоемкости. В случае, когда расстояние между микропроводом сетчатого экрана соответствует $\lambda/2$, он по своим экранирующим свойствам эквивалентен сплошному металлическому листу [2]. Сравнительные характеристики эффективности сетчатых и металлических экранов представлены в таблице 1 [3].

Табл. 1 – Сравнительные характеристики эффективности экранирования (дБ), сетчатых и металлических экранов с различными параметрами

Вид экрана	Материал экрана	Частота, кГц				
		10	100	1000	10000	100000
Металлические листы толщиной 0,5 мм	Сталь	64	87	120	120	120
	Медь	67	70	88	120	120
	Алюминий	65	66	80	120	120
Металлические сетки	Медь, проволока диаметром 0,1 мм ячейки размером 1×1 мм ²	65	55	50	42	32
	Сталь, проволока диаметром 0,1 мм ячейки размером 1×1 мм ²	48	47	42	36	29,5

Многослойные конструкции. Одним из способов повышения эффективности поглощения электромагнитных волн (ЭМВ) является использование конструктивно выполненного четвертьволнового поглотителя, в котором радиопоглощающий материал (РПМ) находится на некотором расстоянии от отражающей ЭМВ поверхности. Поглощение достигает максимального значения на частоте, соответствующей длине волны, четверть которой равна расстоянию между верхней поверхностью поглощающего материала и отражающей поверхностью (рис. 1), а также на всех ее высших нечетных гармониках (интерференционная конструкция) [4].

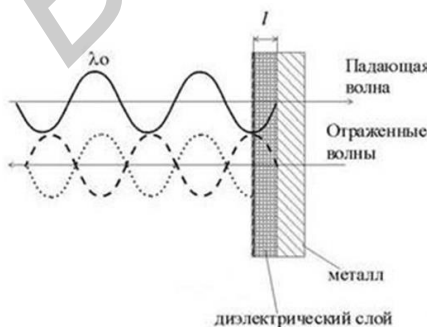


Рис. 1 – Схема взаимодействия ЭМИ с четвертьволновой конструкцией экрана

Также повысить эффективность экранов ЭМИ можно с помощью конструкций, представляющих собой либо симметричные структуры, полученные чередованием слоев с одинаковыми электромагнитными характеристиками, либо градиентные материалы, в которых слои располагаются с увеличением электрических и магнитных потерь по мере удаления от границы раздела экрана. В симметричных многослойных

материалах подавление волны происходит за счет многократного переотражения ЭМИ внутри экрана. Градиентные материалы могут быть выполнены в виде или многослойных структур, или с непрерывным изменением параметров материала по глубине, причем параметры обращенной к источнику ЭМИ поверхности экрана подбираются таким образом, чтобы обеспечить необходимые отражающие характеристики, а общая эффективность определяется в основном свойствами материала внутри экрана.

Конструкции со структурно неоднородной поверхностью. Формирование геометрических неоднородностей на поверхности экрана ЭМИ (пирамидальной (рис. 2, а), клиновидной (рис. 2, б) формы) позволяет обеспечить широкодиапазонность характеристик отражения. Самым эффективным диапазоном подавления ЭМИ является 3...12 ГГц [5]. Взаимодействие с ЭМВ подобных конструкций обусловлено не только параметрами материала, из которого она изготовлена, но и формой волноведущей поверхности (рис. 3). В таких конструкциях падающая ЭМВ преобразуется в поверхностную и по мере переотражения от неоднородностей поверхности ее энергия уменьшается.

Комбинированные конструкции. Такие конструкции имеют, как правило, многослойную структуру и выполняются с учетом принципов построения рассмотренных выше конструкций. Основная проблема экранов подобного типа заключается в том, что они являются громоздкими и, как следствие, редко применяются (рис. 4). Исследование в данной области направлено на создание более гибких и легких экранов ЭМИ.

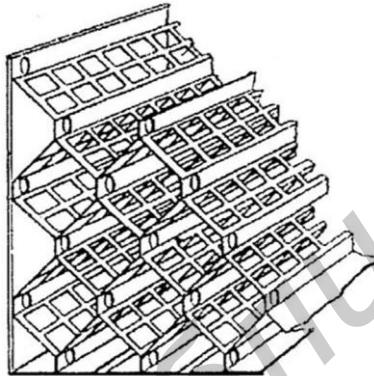


Рис. 4 – Схема защитного экрана,

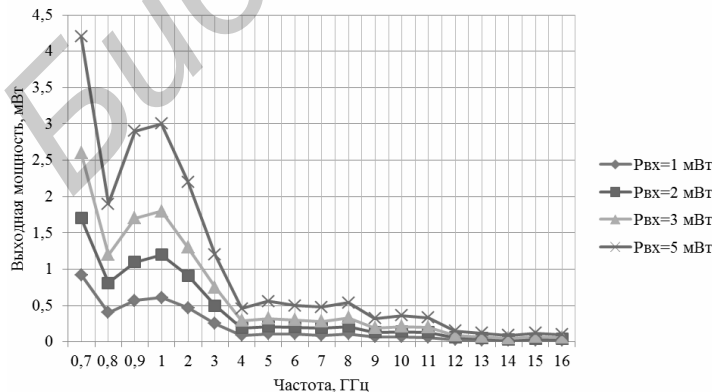


Рис. 6 – Частотные зависимости уровня прошедшей мощности ЭМИ при разных уровнях мощности падающего ЭМИ для экрана с пирамидальной поверхностью, изготовленного на основе смеси бетона и шунгита

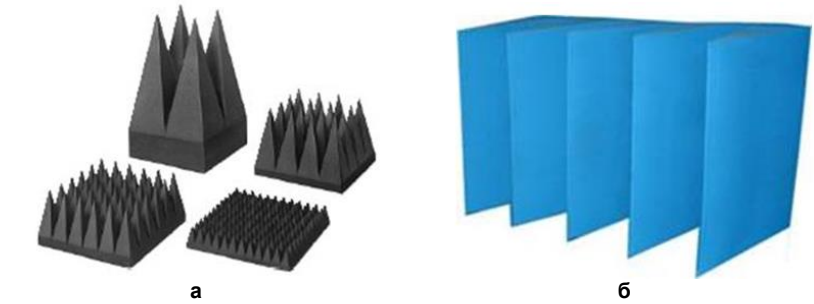


Рис. 2 – Внешний вид фрагментов конструкций экранов ЭМИ с геометрическими неоднородностями

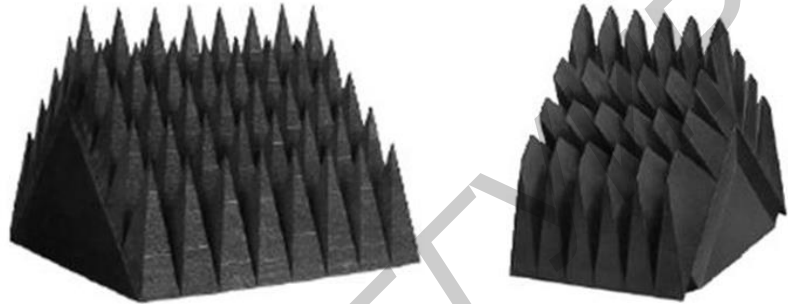


Рис. 3 – Внешний вид фрагментов конструкций экранов ЭМИ со сложной формой волноведущей поверхности

Самым эффективным диапазоном подавления ЭМИ является 3...12 ГГц [5]. Взаимодействие с ЭМВ подобных конструкций обусловлено не только параметрами материала, из которого она изготовлена, но и формой волноведущей поверхности (рис. 3). В таких конструкциях падающая ЭМВ преобразуется в поверхностную и по мере переотражения от неоднородностей поверхности ее энергия уменьшается.

II. Сравнительная характеристика конструкций экранов электромагнитного излучения

Дать объективную оценку экранам ЭМИ и установить, какой из них является наиболее эффективным, сложно, так как часто приходится учитывать не только его характеристики ослабления и отражения ЭМИ, но и форм-факторы (объем, массу, прочность и т. д.). Так, напри-

$\epsilon' = 1,072$ AND $\epsilon'' = 0,175$
$\epsilon' = 1,231$ AND $\epsilon'' = 0,621$
$\epsilon' = 1,414$ AND $\epsilon'' = 1,236$
$\epsilon' = 1,625$ AND $\epsilon'' = 2,085$
$\epsilon' = 1,866$ AND $\epsilon'' = 3,257$

Рис. 5 – Схематичное изображение градиентного экрана ЭМИ

мер, из-за большой массы листовые экраны применяются редко. В многослойных конструкциях, состоящих из металлов с различными характеристиками, эффективность экранирования выше, чем в однослойных материалах эквивалентной толщины. Экранирующий эффект обусловлен процессами поглощения энергии в объеме и отражения энергии на границах раздела сред. В многослойных структурах роль эффекта отражения возрастает с увеличением количества слоев и различия характеристических сопротивлений среды (рис. 5) [6]. Из этого следует, что многослойная конструкция является более эффективной, по сравнению с однослойных, но требует гораздо большего объема.

Кроме того, в мире часто применяются конструкции со структурно неоднородной поверхностью. Рассмотрим данную конструкцию на конкретном примере – образце с пирамидальной поверхностью, изготовленного на основе смеси бетона и шунгита. На рис. 6 приведен график частотной зависимости уровня прошедшей мощности ЭМИ при разных уровнях мощности падающего ЭМИ.

Для экрана, изготовленного на основе бетона и шунгита, значение коэффициента отражения в диапазоне частот 3...12 ГГц лежит в пределах –10...–20 дБ [5]. Из этого следует, что благодаря этому они могут вводиться в структуру наружных стен зданий, которые отражают сигналы РЛС и вносят тем самым помехи в работу последних. Кроме того, данные экраны обладают малым весом. Однако в силу их большого объема не являются универсальными.

Что касается комбинированных конструкций, то они являются самыми эффективными из всех выше перечисленных конструкций, но к сожалению, имеют самый большой объем, массу и обладают большой трудоемкостью при их изготовлении. Так, например, на рис. 7 можем увидеть внешний вид (рис. 7, а) и структуру (рис. 7, б) полотна с псевдопирамидальными неоднородностями на лицевой поверхности.

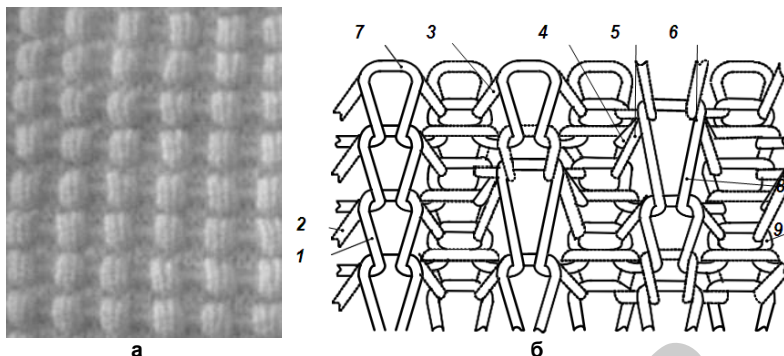


Рис. 7 – Внешний вид (а) и структура (б) полотна с псевдопирамидальными неоднородностями на лицевой поверхности

Кроме того, данные экраны обладают малым весом. Однако в силу их большого объема не являются универсальными. Что касается комбинированных конструкций, то они являются самыми эффективными из всех выше перечисленных конструкций, но к сожалению, имеют самый большой объем, массу и обладают большой трудоемкостью при их изготовлении. Так, например, на рис. 7 можем увидеть внешний вид (рис. 7, а) и структуру (рис. 7, б) полотна с псевдопирамидальными неоднородностями на лицевой поверхности.

III. Заключение

Проблема разработки новых материалов и технологий создания гибких и мобильных электромагнитных экранов с повышенной эффективностью и широкополосностью весьма актуальна. В современном мире электромагнитные ресурсы используются широко, число действующих радиоэлектронных средств постоянно увеличивается, разрабатываются новые виды электромагнитного оружия. Это приводит к обострению проблем экологической защиты живых организмов и актуализации разработки и проектирования экранов ЭМИ. На вопрос, касающийся выбора конструкции экрана электромагнитного излучения, однозначного ответа нет. Каждый из типов рассмотренных конструкций характеризуется своими преимуществами и недостатками.

Список использованных источников:

1. Лыньков, Л.М. Гибкие конструкции экранов электромагнитного излучения // Л.М. Лыньков, В.А. Богуш, В.П. Глыбин и др. – Минск: – 2000. – 284 с.
2. Конструкции экранов электромагнитного излучения // Хелпикс.Орг - Интернет помощник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.helpiks.org/5-8074.html>. – Дата доступа: 09.04.2016
3. Лыньков, Л.М. Новые материалы для экранов электромагнитного излучения // Л.М. Лыньков, В.А. Богуш, Т.В. Борботько, Е.А. Украинец, Н.В. Колбун. – Минск: –2003. – С. 152–167.
4. Устройство адаптивного управления поляризационными и амплитудно-фазовыми характеристиками рассеяния радиолокационного объекта пат. 2323451 G01S7/38 Российская Федерация. Дата подачи заявки: 29.06.2006. Дата публикации: 27.04.2008. Е.В. Кузнецов, И.В. Ильин, А.И. Семенихин, М.А. Степаненков, А.Н. Хрипков, Б.М. Петров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/232/2323451.html>. – Дата доступа: 09.04.2016
5. Бойправ, О.В. Влияние экранов с геометрически неоднородной поверхностью на ослабление мощности электромагнитных излучений // О.В. Бойправ, М.Ш. Махмуд, М.Р. Неамах // Доклады БГУИР. – 2011. – № 3. – С. 5–10.
6. Чернушенко, А.М. Конструкции экранов и СВЧ-устройств: учебник для вузов // А.М. Чернушенко, Б.В. Петров, Л.Г. Малорцкая и др. – М.: Радио и связь. –1990. – С. 61–63.