

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Щукина А.А., Скрыт О.Н., Кравченко Е.Д.

гр.261402

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Саванович С.Э. – ассистент кафедры ЗИ

Аннотация. В работе приведен обзор основных характеристик экранов электромагнитного излучения с геометрически неоднородной поверхностью и способов их формирования. Установлено, что диапазон рабочих частот таких экранов определяется высотой и формой неоднородностей, сформированных на их поверхности. Показана перспективность применения конструкций экранов, выполненных в виде полусфер на основе углеродосодержащих компонентов, для решения различных задач, в том числе противодействия утечки информации по электромагнитному каналу.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, электромагнитный канал, экран, геометрически неоднородная поверхность, полусфера, углерод, пирамида, поглотитель электромагнитных волн, радиопоглощающий материал.

Введение. Увеличение количества технических средств, функционирование которых

связано с использованием электромагнитного излучения (ЭМИ) радиочастотного диапазона, или созданием побочного ЭМИ, остро ставит проблему снижения его уровня для решения возникающих в связи с этим задач защиты биологических объектов, обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры, а также противодействия утечки информации по электромагнитному каналу [1].

Одним из способов решения указанных задач является экранирование, основанное на поглощении большей части излучений материалами, входящими в состав экрана ЭМИ, при минимальном их отражении за счет наличия в экранирующем материале резистивных, диэлектрических и магнитных потерь в его рабочем диапазоне частот [2].

Основная часть.

Устранение остаточного отражения ЭМИ обеспечивается формированием на поверхности экранов геометрических неоднородностей в виде выпуклостей, выступов, впадин или микронеровностей. Достижение требуемых значений коэффициентов отражения и передачи ЭМИ таких конструкций обеспечивается оптимизацией геометрии и структуры экранов применительно к диапазонам частот их применения.

В работе [3] предложен поглотитель ЭМИ, на поверхности которого сформированы неоднородности в виде полусфер высотой 1,0–1,5 см, сформированных на основе углеродсодержащих компонентов (рисунок 1). Добавление порошкообразного активированного кокосового угля при изготовлении таких полусфер приводит к снижению значений коэффициентов передачи ЭМИ поглотителя до уровня в –21 дБ, отражения до –10 дБ на частотах 6...7 ГГц, что позволяет рекомендовать их для защиты средств вычислительной техники от помех.

Формирование на поверхности экрана ЭМИ, выполненного на основе смеси бетона с порошкообразными шунгитом и тауритом [4], пирамид высотой 30 мм приводит к снижению его значений коэффициента отражения в пределах –10...–20 дБ в диапазоне частот 3...12 ГГц (рисунок 2). Для аналогичного экрана ЭМИ, изготовленного на основе смеси бетона и таурита, значения коэффициента отражения варьируются в пределах –9,8...–16,3 дБ в рассматриваемом диапазоне частот. Введение таких экранов ЭМИ в структуру наружных стен зданий позволяет снизить уровень излучений, сформированных средствами технической разведки и внести помехи в их работу. При этом способность пирамидальных экранов ЭМИ подавлять мощность излучений в диапазоне частот 3...12 ГГц обеспечивает защиту персонала, находящихся внутри таких построек, от негативных электромагнитных воздействий.



Рисунок 1 – Фрагмент экрана ЭМИ

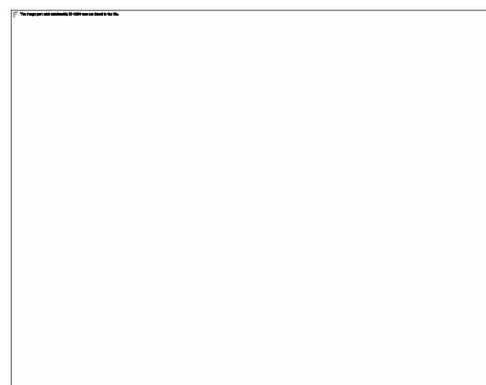


Рисунок 2 – Фрагмент экрана ЭМИ

Поглотитель электромагнитных волн (ПЭВ) для безэховых камер и экранированных помещений [5] представляет собой трехслойную конструкцию, состоящую из

диэлектрического материала клиновидного типа, пластин из магний-цинкового феррита и металлической подложки (рисунок 3). Применение ПЭВ обеспечивает исключение излучений в пределах камеры (помещения), а также позволяет снизить значения коэффициента отражения ЭМИ по мощности в пределах $-12...-40$ дБ от стен камер (помещений) в диапазоне частот $30...37,5$ ГГц за счет изменения его высоты от 250 до 350 мм.

ПЭВ «ТОРА» [6] пирамидального типа, разработанный в НИИ ПФП БГУ, выполненный в виде панелей из эластичного пенополиуретана с углеродным наполнителем (рисунок 4), предназначен для покрытия внутренних поверхностей и оборудования рабочих мест в безэховых камерах. Варьирование высоты поглотителя от 75 до 640 мм обеспечивает снижение его значений коэффициента отражения ЭМИ в пределах $-15...-50$ дБ в диапазоне частот $0,12...37,5$ ГГц.



Рисунок 3 – ПЭВ

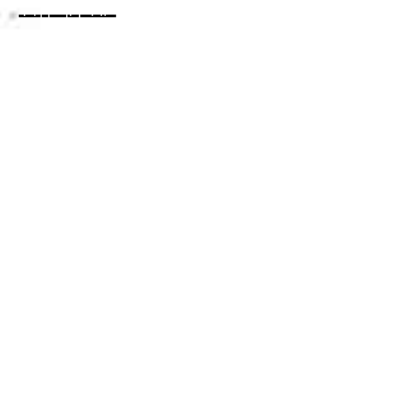


Рисунок 4 – ПЭВ «ТОРА»

Варьирование высоты радиопоглощающего материала (РПМ) «Мох-П» (рисунок 5) в пределах $70...850$ мм, выполненного в виде наполненных нанодисперсным углеродным наполнителем пенополиуретановых блоков пирамидальной формы, обеспечивает снижение его значений коэффициента отражения ЭМИ в пределах $-3...-60$ дБ соответственно в диапазоне частот $0,1...60,0$ ГГц [7].

Изменение высоты РПМ «ТЕСАРТ» [8], выполненного в виде диэлектрических панелей пирамидального из эластичного пенополиуретана с углеродным наполнителем, от 165 до 880 мм обеспечивает снижение его значений коэффициента отражения ЭМИ в пределах $-20...-50$ дБ соответственно в диапазоне частот $0,2...100,0$ ГГц. (рисунок 6).



Рисунок 5 – РПМ «Мох-П»



Рисунок 6 – РПМ «ТЕСАРТ»

Варьирование высоты ПЭВ «Универсал-Дельта» [9], выполненного в виде пирамидальных контейнеров заполненных радиопоглощающей композицией с использованием углеродного волокна, в пределах 200...580 мм, обеспечивает снижение его значений коэффициента отражения ЭМИ с –10 до –50 дБ в диапазоне частот 0,1...100,0 ГГц, что показывает актуальность его применения для облицовки безэховых камер, имитирующих свободное пространство при испытаниях радиотехнических комплексов и антенных систем различного назначения; помещений, используемых для проведения аттестационных работ по сертификации технических средств на электромагнитную совместимость, а также обеспечения защиты обслуживающего персонала от воздействия излучений (рисунок 7).



Рисунок 7 – Варианты выполнения ПЭВ «Универсал-Дельта»

Заключение. В результате анализа основных характеристик конструкций экранов ЭМИ с геометрически неоднородными поверхностями установлено, что снижение их значений коэффициентов отражения в пределах –3...–50 дБ в диапазоне частот 0,1...100,0 ГГц обеспечивается за счет формирования на их поверхности пирамид клиновидного типа, выполненных на основе углеродосодержащих компонентов, высотой от 70 до 850 мм. Показано, что такие конструкции экранов ЭМИ применяются для формирования безэховых камер или экранирования помещений в виду их значительных габаритных размеров. Таким образом определено, что увеличение высоты полусфер, сформированных на основе активированного кокосового угля, до 15 мм позволит расширить диапазон рабочих частот поглотителей ЭМИ от 6...7 до 2...100 ГГц при значениях их коэффициента отражения не ниже –10 дБ.

Список литературы

1. Электромагнитное излучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5. – Дата доступа: 09.03.2024
2. Электромагнитное экранирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://faradey.ru/electromagnetic-shielding/>. – Дата доступа: 09.03.2024
3. УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИЕ ПОГЛОТИТЕЛИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ОТ ПОМЕХ (59 научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, 2023 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/51909/1/Bordilovskaya_Uglerodosoderjaschie.pdf. – Дата доступа: 11.03.2024
4. ВЛИЯНИЕ ЭКРАНОВ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ НА ОСЛАБЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/1846/1/Boypprav_Vliyaniye.PDF. – Дата доступа: 11.03.2024
5. Сверхширокодиапазонный поглотитель электромагнитных волн для безэховых камер и экранированных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/RU2453953C1/ru?oq=RU+2453953+C1+>. – Дата доступа: 17.03.2024
6. Поглотитель электромагнитных волн «ТОРА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://niifbp.bsu.by/index.php/oborud/tora>. –

60-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов

Дата доступа: 18.03.2024

7. Радиопоглощающий материал типа «МОХ-П» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://radiostrim.ru/product/moh/>. – Дата доступа: 18.03.2024

8. Радиопоглощающий материал ООО НПК «ТЕСАРТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tesart.ru/products/item/amp/>. – Дата доступа: 18.03.2024

9. ПОГЛОТИТЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН «УНИВЕРСАЛ - ДЕЛЬТА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rpm-delta.com/products>. – Дата доступа: 18.03.2024

UDC 537.87:53.085.345

ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC SCREENS WITH A GEOMETRICALLY INHOMOGENEOUS SURFACE

Shchukina A.A., Skryt O.N., Kravchenko E.D.

gr.261402

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Savanovich S.E. – assistant of the department of information security

Annotation. The article provides an overview of the main characteristics of electromagnetic radiation screens with geometrically non-uniform surfaces and methods of their formation. It has been established that the operating frequency range of such screens is determined by the height and shape of the non-uniformities formed on their surface. The potential of using screen structures, in the form of hemispheres made of carbon-containing components to address various tasks, including counteracting information leakage through the electromagnetic channel, is demonstrated.

Keywords: electromagnetic radiation, electromagnetic channel, screen, geometrically non-uniform surface, hemisphere, carbon, pyramid, electromagnetic wave absorber, radio-absorbing material.