

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
“БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ”

УДК 004.353.2-0134.13 : 004.056.5

НЕАМАХ
МУСТАФА РАХИМ НЕАМАХ

ЭКРАНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ПОРОШКООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ ПЛАВКИ ЧУГУНА
ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.13.19 – Методы и системы защиты информации,
информационная безопасность

Минск 2014

Работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **Борботько Тимофей Валентинович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры защиты информации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Официальные оппоненты: **Грабчиков Сергей Степанович**, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Государственного научно-производственного объединения Научно-практический центр НАН Беларуси по атериаловедению”

оршков Сергей Анатольевич, к.т.н., доцент, начальник кафедры радиолокации и приема-передающих устройств Учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь»

Оппонирующая Государственное научное учреждение «Институт физики

Физики им. К.А. Менделеева Б.И. Степанова НАН Беларуси»

Установа адукацыі
«БЕЛАРУСКИ Дзяржаўны ўніверсітэт
ІНФАРМАТЫКІ І РАДЫОЭЛЕКТРОНІКІ»

Защита состоится “6” марта 2014 г. в 14⁰⁰ на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.06 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд. 232, тел. 293-89-89, e-mail: dissovet@bsuir.by.

ВВЕДЕНИЕ

Современные средства обработки информации, широко используемые в различных сферах деятельности человека, являются источниками побочных электромагнитных излучений и наводок. Возникающие в процессе функционирования таких технических средств электромагнитные поля распространяются через воздушную среду и твердые вещества (элементы ограждающих конструкций зданий) и приводят к формированию электрических сигналов в различных проводных линиях, располагающихся вблизи средств обработки информации. Широко используемые в настоящее время средства дистанционного зондирования Земли позволяют получать сведения о местоположении объектов на земной поверхности за счет ее радиолокационного и оптоэлектронного дистанционного зондирования, что обуславливает проблему утечки информации по электромагнитному каналу.

Противодействие перехвату информации по электромагнитному каналу реализуется за счет использования электромагнитных экранов, которые применяются для защиты отдельных технических средств обработки информации и помещений для размещения средств обработки информации в незранированном исполнении, формирования маскирующих конструкций для снижения заметности наземных объектов от обнаружения радиолокационными станциями. Существующие конструкции высокоэффективных экранов электромагнитного излучения имеют существенные недостатки: узкую полосу рабочих частот (формируемые на основе ферри- и ферромагнитных материалов), высокую стоимость (формируемые на основе углеродсодержащих материалов), невысокую стабильность радиоэкранирующих характеристик (формируемые на основе герметизированных влагосодержащих материалов), что, в свою очередь, требует поиска новых материалов, обладающих необходимыми радиоэкранирующими и стоимостными характеристиками для формирования на их основе высокоэффективных и технологичных конструкций экранов электромагнитного излучения для защиты информации от утечки по электромагнитному каналу. Особый практический интерес представляет разработка радиоэкранирующих элементов строительных конструкций, характеризующихся невысоким значением коэффициентов отражения и передачи для создания на их основе экранированных помещений.

В данной работе приводятся результаты разработки и исследования конструкций экранов электромагнитного излучения, формируемых на основе порошкообразных отходов плавки чугуна. Практическое использование таких конструкций позволяет затруднить перехват информации по электромагнитному каналу и обеспечить снижение заметности наземных объектов в радиочастотном, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах длин волн.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» № 385-о от 30.12.2010 г. и соответствует подразделу 5.5 «Методы, средства и технологии обеспечения информационной безопасности при обработке, хранении и передаче данных с использованием криптографии, квантово-криптографические системы» приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19 апреля 2010 г., № 585.

Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в рамках научно-исследовательской работы ГБ № 11-2022 «Разработка средств защиты информации от утечки по техническим каналам» (2011 – по настоящее время, № ГР 20115132).

Цель и задачи исследования

Цель диссертационной работы состоит в исследовании эффективности конструкций экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразных отходов плавки чугуна и формировании радиоэкранирующих элементов строительных конструкций для защиты информации от утечки по электромагнитному каналу.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи.

1. Обосновать использование порошкообразных отходов плавки чугуна в композитных материалах и формирование экранов электромагнитного излучения на их основе.

2. Исследовать экранирующие электромагнитное излучение свойства порошкообразных отходов плавки чугуна, а также его магнитные свойства.

3. Исследовать влияние размера фракций порошкообразных отходов плавки чугуна и состава матрицы, в которой он закрепляется, на их экранирующие электромагнитное излучение свойства.

4. Разработать многослойные конструкции экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразных отходов плавки чугуна и исследовать их эффективность.

5. Разработать модульные конструкции экранов электромагнитного излучения с геометрическими неоднородностями поверхности на основе порошкообразных отходов плавки чугуна и исследовать их эффективность.

6. Разработать радиоэкранирующие элементы строительных конструкций и исследовать их эффективность.

7. Исследовать спектрально-поляризационные свойства конструкций экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразных отходов плавки чугуна.

В качестве объекта исследования выбраны конструкции экранов электромагнитного излучения. Предметом исследования являются частотные зависимости коэффициентов передачи и отражения экранов электромагнитного излучения, их спектрально-поляризационные свойства.

Положения, выносимые на защиту

1. Экспериментальное обоснование конструкций экранов электромагнитного излучения, основанных на введении в их состав порошкообразных отходов плавки чугуна и выполненных в виде монолитных бетонов и покрытий, характеризующиеся коэффициентами передачи до $-41,1$ дБ и отражения до $-29,7$ дБ в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц и существенно меньшими затратами на изготовление.

2. Увеличение размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна с 5 до 30 мкм приводит к снижению уровня мощности электромагнитной волны с 5 до 3,2 мВт в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц экраном, выполненным в виде твердотельной емкости, заполненной порошкообразными отходами плавки чугуна, за счет увеличения их магнитной проницаемости (с 0,28 до 1,1), при сопоставимой толщине конструкций экранов.

3. Введение порошкообразных отходов плавки чугуна (20 % по массе) с размером фракции 5...30 мкм в силиконовый герметик приводит к формированию композита, характеризующегося спектральным коэффициентом яркости $0,02...0,06$ отн. ед. в диапазоне длин волн $400...1000$ нм, что позволяет рекомендовать использование такого материала для снижения заметности наземных объектов на фоне растительности.

Личный вклад соискателя

Все основные результаты, изложенные в диссертационной работе, получены соискателем самостоятельно. В совместно опубликованных работах автору принадлежат определение целей и постановка задач исследования, выбор методов исследования, непосредственное участие в проведении экспериментов по разработке конструкций экранов электромагнитного излучения и изучению свойств, а также обработка, анализ и интерпретация полученных результатов, формулировка выводов.

Основными соавторами опубликованных работ являются научный руководитель, д-р техн. наук, профессор Т.В. Борботько, который принимал участие в планировании работ и обсуждении результатов, д-р техн. наук, профессор Л.М. Лыньков, совместно с которым разрабатывались конструкции

экранов электромагнитного излучения.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертации обсуждались на 8-й международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций» «РТ-2012» (Севастополь, 2012), I и II Республиканских научных конференциях студентов, магистрантов и аспирантов «Актуальные вопросы физики и техники» (Гомель, 2012, 2013), Международной научно-технической конференции «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии» (Могилев, 2012), 22-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (Севастополь, 2012), IX Международной научно-практической конференции «Управление информационными ресурсами» (Минск, 2012), Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы информационной безопасности» (Минск, 2012), Международной научно-практической конференции СКФ МГУСИ «ИНФОКОМ-2013» (Ростов-на-Дону, 2013), XVII Международном молодежном форуме «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» (Харьков, 2013), IV Международной научно-практической конференции «Методы и средства кодирования, защиты и сжатия информации» (Винница, 2013).

Опубликованность результатов диссертации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 17 работ, в том числе 1 монография (5,3 авторского листа), 5 статей в научных журналах (1,4 авторского листа), 8 статей в сборниках материалов конференций, 2 тезиса докладов, 1 патент Республики Беларусь на изобретение.

Общий объем публикаций по теме диссертации, соответствующих пункту 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, составляет 8,1 авторского листа.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и двух приложений, содержащих акты внедрения результатов диссертационной работы и письмо о представлении результатов диссертационной работы на экспозиции «Форума деловых людей».

Общий объем диссертационной работы составляет 209 страниц, из них 79 страниц текста, 208 рисунков на 105 страницах, 11 таблиц на 5 страницах, библиографический список из 149 источников, включая 17 собственных публикаций автора, на 14 страницах, 2 приложения на 6 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении определены основные направления исследований, обоснована актуальность темы диссертации, показана необходимость проведения исследований, связанных с разработкой средств технической защиты информации (модульных конструкций экранов электромагнитного излучения (ЭМИ)) для предотвращения утечки информации по электромагнитному каналу.

В первой главе приведены результаты анализа научно-технической литературы; показано, что получение охраняемых сведений посредством электромагнитного канала утечки информации возможно путем перехвата побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) средств обработки информации, использования радиолокационных станций для обнаружения и идентификации объектов по их радиолокационным портретам, формирующимся за счет рассеяния зондирующей электромагнитной волны (ЭМВ) поверхностью объекта, а также путем регистрации спектральных характеристик в видимом и ближнем ИК диапазонах длин волн объекта, размещаемого на фоне подстилающей поверхности (грунт, растительность).

Снижение уровней ЭМИ компьютерной техники реализуется путем экранирования источника радиоизлучения или помещения, в котором он размещается. Для экранирования источника радиоизлучения (устройство отображения информации, периферийные устройства и системный блок) используются, как правило, металлические материалы, являющиеся более технологичными по сравнению с подобными им по своим характеристикам, при этом верхняя граничная частота их рабочего диапазона составляет единицы гигагерц и они являются достаточно дорогими. Для создания безэховых камер используют многослойные конструкции экранов, которые состоят их магнитных материалов (например магний-инковых ферритов) и материалов, обладающих объемно-резистивными потерями (например, выполняемого на основе технического углерода), поверхность которых имеет пирамидальную или клиновидную форму. Такие конструкции характеризуются широким диапазоном рабочих частот, в котором коэффициент отражения – не меньше -10 дБ, но существенным их недостатком является высокая стоимость. Для создания экранированных помещений используют композитные материалы, в состав которых входит углеродный наполнитель (например, технический углерод, шунгит и т.д.), на основе которых формируют строительные смеси для отделки стен экранируемого помещения. Существенными недостатками таких покрытий являются значительная стоимость и коэффициент отражения более -10 дБ.

Решение задач затруднения перехвата информации по электромагнитному (уменьшение уровня ПЭМИН средств обработки

информации и снижение заметности объектов в радиочастотном диапазоне длин волн) и оптическому (снижение заметности объектов на фоне подстилающей поверхности (растительность, грунт) в видимом и ближнем ИК диапазонах длин волн) каналам может быть реализовано за счет использования экранов ЭМИ, характеризующихся высокой эффективностью в широком диапазоне частот. Показано, что существующие конструкции экранов ЭМИ в полной мере не удовлетворяют таким критериям, в соответствии с чем существует необходимость их совершенствования за счет формирования конструкций экранов ЭМИ на основе таких сред, которые обладали бы потерями, достаточными для обеспечения эффективности экранирования не хуже, чем у существующих конструкций при пониженном значении стоимости.

Во второй главе показано, что для формирования конструкций электромагнитных экранов целесообразно использовать композиты. Выбор наполнителя композита определяет его назначение, а материал матрицы обуславливает диапазон рабочих температур. Технологическая совместимость компонент композиционного материала характеризует прочность формируемого материала. Таким образом, оптимизация параметров композитных материалов позволяет получать экраны ЭМИ на их основе с комплексом требуемых свойств. В качестве наполнителя композита предложено использовать порошкообразные отходы плавки чугуна (таблица 1), который, в зависимости от требуемых механических свойств конструкции экрана ЭМИ, может быть закреплен в матрице, выполненной на основе портландцемента или полимерных материалов.

Оценка в лабораторных условиях эффективности подавления ЭМИ конструкциями экранов выполнялась с использованием метрологического оборудования, позволяющего измерять коэффициенты передачи и отражения, а также уровень мощности ЭМИ, прошедшего через конструкцию экрана.

Таблица 1 – Состав порошкообразных отходов плавки чугуна, полученных после второй ступени очистки

Оксид	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O
Содержание, % по масс.	24,35	22,66	11,37	3,38	3,57	3,25	2,68	1,96

Исследование эффективности экранирования средств компьютерной техники конструкциями электромагнитных экранов выполняли на испытательном стенде. В качестве источника радиоизлучения используется системный блок персонального компьютера, а в качестве приемного устройства – анализатор спектра, подключенный к направленной измерительной антенне и персональному компьютеру, позволяющему обеспечить централизованное управление процессом измерения и сохранения

результатов.

В диссертационной работе приводятся методики и оборудование для измерения эффективной поверхности рассеяния и спектральной плотности энергетической яркости экранов ЭМИ.

В третьей главе показано, что порошкообразные отходы плавки чугуна с размерами фракций 5, 20 и 30 мкм имеют зависимость относительной магнитной проницаемости от индукции внешнего магнитного поля, аналогичную как для ферри-, так и для ферромагнетиков (магнитная проницаемость составляет 0,28 (размер фракции 5 мкм), 0,53 (размер фракции 20 мкм) и 1,1 (размер фракции 30 мкм)).

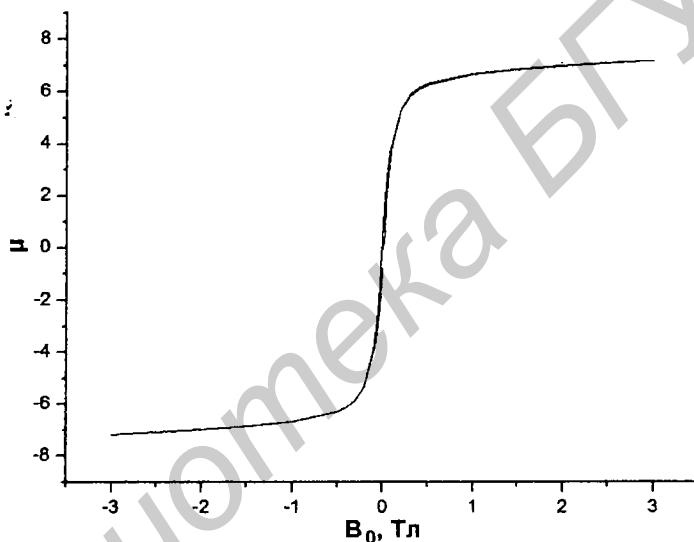
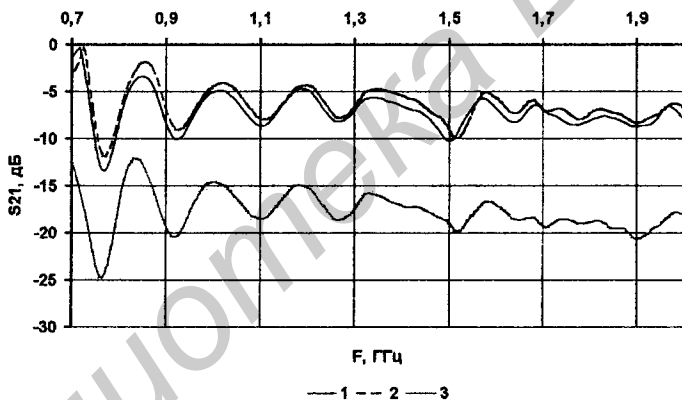


Рисунок 1 – Зависимость относительной магнитной проницаемости от индукции внешнего магнитного поля исследованного порошкообразного материала с размером фракции 20 мкм

Коэффициент передачи слоя такого материала толщиной 3 см варьируется в пределах $-0,1...-15,6$ дБ, при коэффициенте отражения $-0,2...-30$ дБ в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц. Наименьшим значением коэффициента передачи характеризуются порошкообразные отходы плавки чугуна с размером фракции 20 и 30 мкм, который составляет $-2...-17,2$ дБ при значении коэффициента отражения $-2...-30$ дБ в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц. Размещение за слоем такого материала металлического листа приводит к снижению коэффициента отражения. Увеличение размера фракций порошкообразных отходов плавки

чугуна позволяет также снижать коэффициент отражения в таких конструкциях до -9 дБ в диапазоне частот $0,7...2$ ГГц и до -18 дБ в диапазоне частот $2...18$ ГГц. Показано, что с увеличением размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна с 5 до 30 мкм снижается уровень мощности прошедшего через него ЭМИ с 5 до $3,2$ мВт, при увеличении значения мощности падающей ЭМВ с 1 до 5 мВт.

Показано, что увеличение размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна с 5 до 30 мкм (50% по массе), закрепляемых в цементосодержащей матрице (50% по массе), а также толщины такой однослойной конструкции с 6 до 12 мм позволяет снизить ее коэффициент передачи до -25 дБ в диапазоне частот $0,7...2$ ГГц (рисунок 2) и до -37 дБ в диапазоне частот $2...18$ ГГц (рисунок 3). Наименьшими значениями коэффициента передачи в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц характеризуется экран ЭМИ, выполненный на основе порошкообразных отходов плавки чугуна с размером фракции 20 мкм.

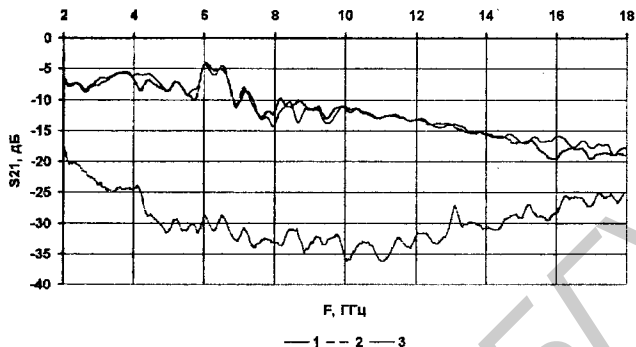


Толщина экрана ЭМИ: 1 – 6 мм; 2 – 9 мм; 3 – 12 мм

Рисунок 2 – Частотная зависимость (диапазон частот $0,7...2$ ГГц) коэффициента передачи конструкции экрана ЭМИ, выполненной на основе порошкообразных отходов плавки чугуна матрице (размер фракции 20 мкм), закрепленных в цементосодержащей матрице

Установлено, что увеличение толщины конструкции экрана, выполненного на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепленных в цементосодержащей матрице, приводит к снижению мощности ЭМВ, прошедшего через такие конструкции экранов. Наибольшим ослаблением ЭМИ характеризуется конструкция экрана, выполненного на

основе порошкообразных отходов плавки чугуна с размером фракции 20 мкм, которая позволяет получить значения мощности прошедшей ЭМВ не более 0,4 мВт (при толщине 12 мм) при уровне мощности падающей ЭМВ 5 мВт.



Толщина экрана ЭМИ: 1 – 6 мм; 2 – 9 мм; 3 – 12 мм

Рисунок 3 – Частотная зависимость (диапазон частот 2...18 ГГц) коэффициента передачи конструкции экрана ЭМИ, выполненной на основе порошкообразных отходов плавки чугуна (размер фракции 20 мкм), закрепленных в цементосодержащей матрице

Для создания эластичных радиоэкранирующих покрытий предложено формировать конструкции экранов ЭМИ путем закрепления порошкообразных отходов плавки чугуна (50 % по массе) в полимерной матрице (50 % по массе), такой как силиконовый герметик. Установлено, что увеличение размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в силиконовом герметике, слабо влияет на снижение коэффициента передачи и коэффициента отражения такой конструкции экрана ЭМИ, наименьшее значение которого составляет $-6,5...-8,2$ дБ (для порошкообразных отходов плавки чугуна с размером фракции 20 мкм) при коэффициенте отражения $-8,2...-10,8$ дБ (толщина экрана ЭМИ составляет 9 мм) в диапазоне частот 8...12 ГГц. Закрепление исследованных конструкций экранов ЭМИ на металлической подложке приводит к увеличению их значений коэффициентов отражения с $-6,2...-12$ дБ до $-1,3...-6,3$ дБ в указанном выше диапазоне частот.

Введение в конструкцию металлической сетки (с диаметром микропровода 0,3 мм и размером ячейки 2x2 мм) позволяет значительно снизить коэффициент передачи до $-21,8...-28,2$ дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц, при этом коэффициент отражения варьируется в пределах $-1,5...-9$ дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц. Наименьшее значение такого параметра наблюдается у экрана ЭМИ, выполненного на основе

порошкообразных отходов плавки чугуна с размером фракции 20 мкм, которое составляет -5,6...-9 дБ. Установлено, что размещение таких конструкций экранов на металлической подложке не приводит к существенному изменению их коэффициента отражения.

Установлено, что для конструкций экранов ЭМИ (толщина 2 мм), выполняемых на основе порошкообразных отходов плавки чугуна (50 % по массе), закрепляемого в титановых белилах (50 % по массе), коэффициент передачи слабо зависит от размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна и варьируется в пределах -0,1...-1,7 дБ в диапазоне частот 0,7...2 ГГц. В диапазоне частот 2...18 ГГц этот параметр варьируется в пределах от -0,1 до -8 дБ. Причем меньшие значения коэффициента передачи наблюдаются в диапазоне частот более 6 ГГц и характерны для экранов ЭМИ с размерами фракций 20 и 30 мкм. При этом значения коэффициента отражения составляют -0,1...-23,2 дБ в диапазоне частот 0,7...18 ГГц.

В четвертой главе предложены градиентные конструкции экранов ЭМИ, формируемые на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в цементосодержащей матрице (портландцемент ПЦ 500). Показано, что применение в первом слое (по отношению к падающей ЭМВ) такой конструкции порошкообразных отходов плавки чугуна с размером фракции большим, чем во втором слое (при одинаковой толщине слоев и содержании порошкообразных отходов плавки чугуна), позволяет обеспечить резонансное снижение коэффициента отражения в диапазоне частот 0,7...18 ГГц, который для исследованных конструкций в указанном диапазоне частот составляет -5...-14,3 дБ при значении коэффициента передачи -0,1...-24 дБ. Установлено, что уменьшение толщины первого слоя с 9 до 6 мм в таких конструкциях экранов ЭМИ (при неизменном содержании порошкообразных отходов плавки чугуна в обоих слоях и размере фракции в первом слое большем, чем во втором) приводит к увеличению коэффициента отражения в диапазоне частот 0,7...18 ГГц до -14 дБ. Показано, что уменьшение толщины первого слоя с 9 до 6 мм в градиентных конструкциях экранов ЭМИ (при неизменном содержании порошкообразных отходов плавки чугуна в обоих слоях и размере фракции в первом слое меньшем, чем во втором) приводит к уменьшению коэффициента отражения в диапазоне частот 0,7...18 ГГц в среднем на 2...4 дБ. Разработанные конструкции обеспечивают снижение уровня мощности прошедшего через такую конструкцию ЭМВ до 2 раз в диапазоне частот 0,7...18 ГГц.

Показано, что формирование многослойных конструкций экранов ЭМИ, основанных на закреплении порошкообразных отходов плавки чугуна с размером фракции 5, 20 или 30 мкм в полимерной матрице (титановых белилах), позволяет формировать на их основе (при нанесении двух слоев такого полимера на поверхность экранируемого объекта) конструкции экранов

ЭМИ, характеризующихся коэффициентами передачи до -10 дБ и отражения до -35 дБ в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц, а при нанесении покрытия на поверхность объекта, выполненного из металла, – до -17 дБ. Уровень мощности прошедшего через них ЭМИ составляет в целом не более 4 мВт при уровне падающей ЭМВ 5 мВт. Увеличение размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна с 5 до 30 мкм, входящих в состав конструкции экрана ЭМИ, позволяет увеличить ослабление мощности, прошедшей через такую конструкцию ЭМВ.

Предложены комбинированные конструкции экранов ЭМИ (толщина 9 мм), основанные на закреплении смеси порошкообразных отходов плавки чугуна и таурита в цементосодержащей матрице (портландцемент ПЦ 500). Показано, что введение в состав такой конструкции 30% по массе порошкообразного таурита с размером фракции 20 мкм (содержание порошкообразных отходов плавки чугуна – 30% по массе) позволяет получить значение коэффициента передачи $-0,1...-19,5$ дБ при значении коэффициента отражения $-0,1...-13,5$ дБ в диапазоне частот $2...18$ ГГц. Увеличение содержания порошкообразного таурита до 40% по массе в составе таких конструкций приводит к снижению их коэффициента передачи до -22 дБ и отражения до $-18,8$ дБ в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц. Увеличение размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна с 5 до 30 мкм в таких конструкциях, содержащих порошкообразный таурит (30% по массе), приводит к увеличению коэффициента передачи на $-2,4...-7,1$ дБ, а для конструкций, в состав которых входит 40% по массе порошкообразного таурита – к снижению коэффициента передачи на $-2,6...-17,1$ дБ в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц.

Разработаны модульные конструкции экранов ЭМИ с геометрическими неоднородностями поверхности, выполненные на основе порошкообразных отходов плавки чугуна. Такие конструкции могут формироваться на основе емкостей, заполняемых порошкообразными отходами плавки чугуна, в виде монолитных блоков, выполняемых из такого порошкообразного материала, закрепляемого в цементосодержащей матрице (портландцемент ПЦ 500), в виде конструкций, собираемых из рассеивающих элементов (выполняемых на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в цементосодержащей матрице) (рисунки 4, 5), закрепляемых на диэлектрической основе и в виде радиопоглощающих покрытий (в состав которого входит порошкообразные отходы плавки чугуна, закрепляемые в титановых белилах), наносимых на диэлектрическое основание. Формирование на поверхности таких конструкций геометрические неоднородностей позволяет получить значения коэффициентов передачи до $-41,1$ дБ и отражения до $-29,7$ дБ, при этом уровень мощности ЭМВ снижается с 5 до $0,3$ мВт в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц. Управляемое изменение этих параметров обеспечивается за счет изменения размера фракции

порошкообразных отходов плавки чугуна, входящих в состав таких конструкций экранов ЭМИ. Использование в качестве наполнителя смеси порошкообразных отходов плавки чугуна (30 % по массе) и таурита (до 40 % по массе) позволяет получить значения коэффициентов передачи до $-39,3$ дБ и отражения до $-23,8$ дБ в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц.



Рисунок 4 – Внешний вид рассеивающего элемента со встроенным металлическим стержнем для его крепления

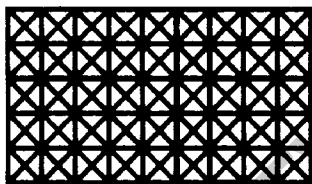


Рисунок 5 – Схематичное изображение модуля сборной конструкции экрана ЭМИ с регулярно размещенными по поверхности рассеивающими элементами

Для создания экранированных помещений, обеспечивающих защиту информации от утечки по электромагнитному каналу, предложена конструкция радиоэкранирующего искусственного камня (формируемая на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в цементосодержащей матрице), позволяющая выполнять отделку защищаемых помещений. Стена из вышеуказанного камня толщиной 65 мм имеет меньшее значение коэффициента передачи на $-11,1...-33,4$ дБ в диапазоне частот $0,7...2$ ГГц и на $-18,3...-19,1$ дБ в диапазоне частот $2...18$ ГГц по сравнению со стеной такой же толщины из силикатного кирпича. Значение величины уровня мощности прошедшей ЭМВ не более $0,25$ мВт при уровне мощности падающей ЭМВ 5 мВт в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц. Для снижения значения коэффициента отражения разработанного радиоэкранирующего камня предложена конструкция радиоэкранирующей панели, в которой на поверхности вышеуказанного камня закрепляется модульная конструкция экрана ЭМИ (формируемая на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в цементосодержащей матрице) с геометрическими неоднородностями поверхности (форма усеченной пирамиды), характеризующаяся коэффициентами передачи $-10,6...-43,9$ дБ и отражения $-1,8...-25,2$ дБ в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц. Радиоэкранирующая панель позволяет обеспечить полное подавление ЭМИ в диапазоне частот $2...18$ ГГц. В диапазоне частот $0,7...2$ ГГц уровень мощности прошедшей ЭМВ для такой

конструкции составляет не более 0,08 мВт при изменении уровня мощности падающей ЭМВ с 1 до 5 мВт. Предложенная конструкция радиозащитного искусственного камня позволяет снизить спектральную плотность мощности ЭМИ персонального компьютера в 1,8 раза, а радиозащитная панель – в 1,4 раза (таблица 2).

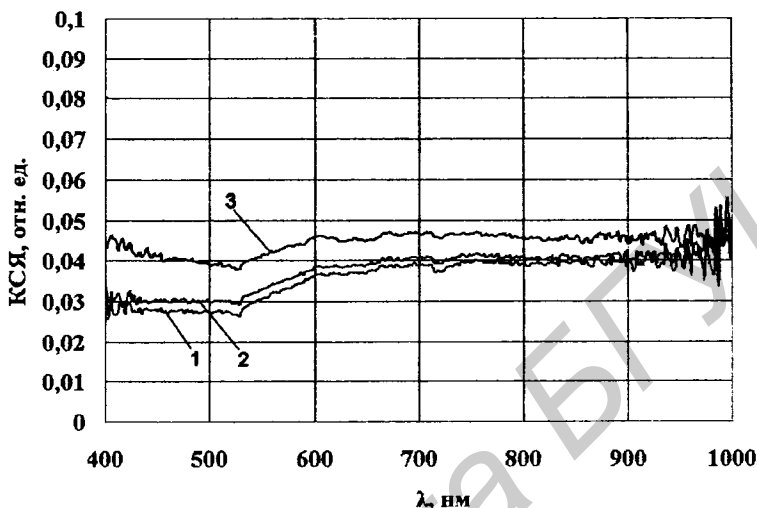
Таблица 2 – Значения спектральной плотности мощности ЭМИ

Регистрируемое ЭМИ	Спектральная плотность мощности ЭМИ, В ² /Гц
Электромагнитный фон в помещении	$4,46 \cdot 10^{-12}$
ЭМИ системного блока персонального компьютера	$8,96 \cdot 10^{-12}$
Прошедшее через строительную конструкцию на основе радиозащитного искусственного камня ЭМИ системного блока персонального компьютера	$5,0 \cdot 10^{-12}$
Прошедшее через строительную конструкцию на основе радиозащитной панели ЭМИ системного блока персонального компьютера	$6,47 \cdot 10^{-12}$

Показано, что модульная конструкция экрана ЭМИ, выполненная в виде монолитного блока с геометрическими неоднородностями поверхности (форма усеченной пирамиды) на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепленных в цементосодержащей матрице, позволяет снизить уровень мощности отраженного ЭМИ в 1,4...1,8 раза (уровень мощности отраженного ЭМИ –55...–97 дБм) в диапазоне частот 6...23 ГГц. Установлено, что модульная конструкция экрана ЭМИ, выполненная в виде радиопоглощающего покрытия на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в полимерной матрице (титановые белила), наносимого на диэлектрическую основу с геометрическими неоднородностями поверхности, позволяет снизить уровень мощности отраженного ЭМИ в 1,1...1,2 раза (уровень мощности отраженного ЭМИ –45...–97 дБм) в диапазоне частот 6,9...23 ГГц.

Исследованы спектрально-поляризационные свойства конструкций экранов ЭМИ на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепленных в силиконовом герметике. Установлено, что увеличение размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна, входящих в состав конструкции экрана ЭМИ, с 5 до 30 мкм, приводит к увеличению значений коэффициента спектральной яркости (КСЯ) и степени поляризации, а также экстремума в области $\varphi = 25^\circ \dots 90^\circ$ индикатрисы рассеяния экрана ЭМИ за счет увеличения сечения рассеяния ЭМИ с 470 мкм до 17 мм. Показано, что зависимости КСЯ от длины волны падающего ЭМИ для исследованных

конструкций экранов ЭМИ схожи с аналогичными зависимостями для растительности (рисунок 6).



Углы визирования: 1 – 0°; 2 – 25°; 3 – 65

Рисунок 6 – Зависимость КСЯ от длины волны экрана ЭМИ (размер фракции 20 мкм) на основе порошкообразных отходов плавки чугуна закрепленных в силиконовом герметике

В приложении представлены акты об использовании и внедрении результатов диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Для формирования конструкций экранов ЭМИ предложено использовать порошкообразные отходы плавки чугуна, состоящие из соединений оксидов железа, алюминия, кремния, серы, магния, кальция, натрия и калия. Установлено, что такой порошкообразный материал с размерами фракций 5, 20 и 30 мкм имеет зависимость относительной магнитной проницаемости от индукции внешнего магнитного поля, аналогичную как для ферри-, так и для ферромагнетиков. Показано, что чем больше размер фракции такого материала, тем большим значением магнитной проницаемости он характеризуется (0,28 для размера фракции 5 мкм, 0,53 – для размера фракции 20 мкм и 1,1 – для размера фракции 30 мкм). Установлено, что размер фракции порошкообразных

отходов плавки чугуна влияет на радиоэкранирующие характеристики экранов ЭМИ, формируемых из них. Увеличение размера фракции такого материала позволяет снизить значения коэффициентов передачи до $-15,6$ дБ и отражения до -30 дБ, а также уровня мощности ЭМИ с 5 до $3,2$ мВт в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц [1, 3, 6, 7, 8, 9].

2. Предложены многослойные конструкции экранов ЭМИ, в том числе градиентного типа, формируемые на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в цементосодержащей матрице (портландцемент ПЦ 500). Показано, что применение в первом слое (по отношению к падающей ЭМВ) такой конструкции из вышеуказанного материала с размером фракции большим, чем во втором слое (при одинаковых толщине слоев и содержании порошкообразных отходов плавки чугуна), позволяет обеспечить резонансное снижение коэффициента отражения в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц, который для исследованных конструкций в указанном диапазоне частот составляет $-5...-14,3$ дБ при значении коэффициента передачи $-0,1...-24$ дБ. Установлено, что уменьшение толщины первого слоя с 9 до 6 мм в таких конструкциях экранов ЭМИ (при неизменном содержании порошкообразных отходов плавки чугуна в обоих слоях и размере их фракции в первом слое большем, чем во втором) приводит к увеличению коэффициента отражения в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц до -14 дБ. Показано, что уменьшение толщины первого слоя с 9 до 6 мм в градиентных конструкциях экранов ЭМИ (при неизменном содержании порошкообразных отходов плавки чугуна в обоих слоях и размере его фракции в первом слое меньшем, чем во втором) приводит к уменьшению коэффициента отражения в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц в среднем на $2...4$ дБ. Разработанные конструкции обеспечивают снижение уровня мощности прошедших через такую конструкцию ЭМВ до 2,5 раз в диапазоне частот $0,7...8$ ГГц и до 50 раз в диапазоне $8...18$ ГГц [1, 4].

3. Разработаны модульные конструкции экранов электромагнитного излучения с геометрическими неоднородностями поверхности, выполняемые на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в цементосодержащей (портландцемент ПЦ 500) или полимерной (титановые белила) матрице, что позволяет получить значения коэффициентов передачи до $-41,1$ дБ и отражения до $-29,7$ дБ, при этом уровень мощности ЭМВ снижается с 5 до $0,3$ мВт в диапазоне частот $0,7...18$ ГГц. Управляемое изменение этих параметров обеспечивается за счет изменения размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна, входящих в состав таких конструкций экранов электромагнитного излучения [1, 2, 11, 15].

4. Установлено, что увеличение размера фракции порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепленных в силиконовом герметике, с 5 до 30 мкм, приводит к увеличению значений коэффициента спектральной яркости и степени поляризации, а также экстремума в области $\varphi = 25^\circ...90^\circ$ индикатрисы

рассеяния экрана ЭМИ, за счет увеличения сечения рассеяния ЭМВ с 470 мкм до 17 мм. Показано, что зависимости коэффициента спектральной яркости от длины волны падающего электромагнитного излучения для исследованных конструкций экранов схожи с аналогичными зависимостями для растительности [1, 5, 13, 14].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Разработаны комбинированные конструкции экранов ЭМИ (толщина 9 мм), основанные на закреплении смеси порошкообразных отходов плавки чугуна и таурита в цементосодержащей матрице (портландцемент ПЦ 500) [1, 2, 10, 12, 17].

2. Для создания экранированных помещений, обеспечивающих защиту информации от утечки по электромагнитному каналу, предложена конструкция радиоэкранирующего искусственного камня (формируемая на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в цементосодержащей матрице) для отделки защищаемых помещений [1, 16].

3. Предложена конструкция радиоэкранирующей панели для создания экранированных помещений. Такая конструкция формируется на основе радиоэкранирующего камня, на поверхности которого закрепляется модульная конструкция экрана ЭМИ (формируемая на основе порошкообразных отходов плавки чугуна, закрепляемых в цементосодержащей матрице) с геометрическими неоднородностями поверхности [1].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Монографии

1. Радиоэкранирующие модульные конструкции на основе порошкообразных материалов / М.Р. Неамах [и др.]; под ред. Л.М. Лынькова. – Минск : Бестпринт, 2013. – 184 с.

Статьи в научных журналах

2. Неамах, М.Р. 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.

3. Неамах, М.Р. Экраны электромагнитного излучения на основе порошкообразных отходов очистки ваграночных газов / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, В.Б. Соколов // Доклады БГУИР. – 2012. – № 1. – С. 70–75.

4. Многослойные экраны электромагнитного излучения на основе мелкодисперсных порошкообразных материалов для защиты серверных комнат /

М.Р. Неамах, О.В. Бойправ, Л.М. Лыньков, Т.В. Борботько, В.Б. Соколов // Безопасность информационных технологий. – 2012.– №1. – С. 48–50.

5. Спектральные и поляризационные характеристики кремнийорганических полимерных композитных материалов на основе шлама очистки ваграночных газов / М.Р. Неамах О.В. Бойправ, Д.В. Столер, В.Б. Соколов // Доклады БГУИР. – 2013. – № 1. – С. 16–21.

6. Неамах, М.Р. Магнитные свойства шлама очистки ваграночных газов / М.Р. Неамах, В.Б. Соколов // Доклады БГУИР. – 2013. – № 2. – С. 26-30.

Статьи в сборниках и материалах конференций

7. Неамах, М.Р. Экраны электромагнитного излучения на основе мелкодисперсных порошкообразных материалов / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, И.А. Тимофеева // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ-2012»: материалы 8-й междунар. молодежн. науч.-техн. конф., Севастополь, Украина, 23–27 апр. 2012 г. / СевНТУ; редкол.: д-р техн. наук, проф. Ю.Б. Гимпилевич. – Севастополь, 2012. – С. 388.

8. Неамах, М.Р. Разработка и апробация методики исследования влияния мощности электромагнитных излучений на характеристики ослабления защитных экранов / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, М.Ш. Махмуд, Т.В. Борботько // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: материалы Междунар. Крымской конф., Севастополь, Украина, 10–14 сент. 2012 г. / СевНТУ; редкол.: д-р техн. наук, проф. М.П. Батура [и др.]. – Севастополь, 2012. – С. 821–822.

9. Неамах, М.Р. Гибкие конструкции экранов электромагнитного излучения на основе шлама очистки ваграночных газов / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, Т.В. Борботько // Управление информационными ресурсами: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 21 нояб. 2012 г. / Академия управления при Президенте Респ. Беларусь; редкол.: проф. А.В. Ивановский [и др.]. – Минск, 2012. – С. 67–68.

10. Неамах, М.Р. Экранирующие конструкции на основе оксидо- и углеродосодержащих цементных растворов / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: матер. XVII Междунар. молодежного форума, Харьков, 22–24 апр. 2013 г. / ХНУРЭ; редкол.: д-р техн. наук, проф. В.В. Поповский [и др.]. – Харьков, 2013. – С. 44-45.

11. Неамах, М.Р. Экраны электромагнитного излучения с геометрически неоднородной поверхностью на основе порошкообразных материалов / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, Р.Т. Аль-Саиди // Актуальные вопросы физики и техники: матер. I Республиканской науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 17 апреля 2012 г. / ГТУ им. Ф. Скорины; редкол.: А.В. Рогачев [и др.]. – Гомель, 2012. – С. 16–18.

12. Неамах, М.Р. Конструкции экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразных смесей шлама очистки ваграночных газов и таурита /

О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, Т.В. Борботько // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 59–61.

13. Неамах, М.Р. Композиционные материалы для экранирования электромагнитных излучений / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, Р.Т. Аль-Саиди // «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: матер. Междунар. науч.-технич. конф., Могилев, 19–20 апр. 2012 г. – / Белорусско-российский университет; редкол.: д-р техн. наук, проф. И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2012. – С. 110–111.

14. Неамах, М.Р. Исследование микрорельефа поверхности композитных материалов на основе шлама очистки ваграночных газов / О.В. Бойправ, Д.В. Столер, М.Р. Неамах // Актуальные вопросы физики и техники: матер. II Республиканской науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 18 апр. 2013 г. / ГГУ им. Ф. Скорины; редкол.: А.В. Рогачев [и др.]. – Гомель, 2013. – С. 24–26.

Тезисы докладов

15. Неамах, М.Р. Экраны электромагнитного излучения с геометрически неоднородной поверхностью на основе порошкообразных соединений оксидов металлов / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах // Теоретические и прикладные проблемы информационной безопасности: тез. докл. междунар. науч.-практ. конференции, Минск, 21 июня 2012 г. / Академия МВД Респ. Беларусь; редкол.: В.Б. Шабанов [и др.]. – Минск, 2012. – С. 102–105.

16. Неамах, М.Р. Строительные материалы для конструирования экранированных зданий и помещений / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, Т.В. Борботько, А.А. Хайдер // Методы и средства кодирования, защиты и сжатия информации: тез. докл. Четвертой Междунар. науч.-практ. конференции, Винница, Украина, 23–25 апреля 2013 г. / ВНТУ; редкол.: В.А. Лужецкий [и др.]. – Украина, 2013. – С. 115–117.

Патенты

17. Поглотитель энергии электромагнитного излучения: заявка на патент на изобретение № u20120228, Респ. Беларусь, МПК H01Q 17/00 / Л.М. Лыньков, О.В. Бойправ, Т.В. Борботько, М.Ш. Махмуд, М.Р. Неамах; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». – заявл. 31.10.2011; опубл. 30.06.2013 / Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3. – С. 36.



РЭЗЬЮМЭ

Мустафа Немах Рахім Немах

Экраны электрамагнітнага выпраменьвання на аснове парашкавообразных адыходаў плаўлення чыгуну для тэхнічных сродкаў абароны інфармацыі

Ключавыя словы: экраны электрамагнітнага выпраменьвання, тэхнічны канал уцечкі інфармацыі, электрамагнітнае выпраменьванне, каэфіцыент адлюстравання, каэфіцыент перадачы.

Мэта працы: складаецца ў даследаванні эфектыўнасці канструкцый экрану электрамагнітнага выпраменьвання на аснове парашкавообразных адыходаў плаўлення чыгуну і фармаванні радыёэкранируючых элементаў будаўнічых канструкцый для абароны інфармацыі ад уцечкі па электрамагнітным канале.

Метады даследавання і апаратура: магнітныя ўласцівасці даследавалі з дапамогай магніметра Cryogenic 14T vibrating sample magnetometer, экраніруючыя характарыстыкі электрамагнітных экрану былі атрыманы з выкарыстаннем панарамнага вымяральніка каэфіцыентаў перадачы і адлюстравання SNA 0,01-18, спектральна-палярызаваныя характарыстыкі атрыманы з дапамогай спектрометра ПСР-02.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: распрацаваны і даследаваны модульныя канструкцыі экрану электрамагнітнага выпраменьвання, заснаваныя на ўвядзенні парашкавообразных адыходаў плаўлення чыгуну ў цэментатрымуювальную ці палімерную матрыцу, што дазваляе змяняць значэнні каэфіцыентаў перадачы і адлюстравання пры фармаванні такіх электрамагнітных экрану за кошт змены памеру фракцыі ўвядзенага парашкавообразнага матэрыялу.

Ступень выкарыстання: вынікі даследавання ўжыты пры стварэнні экраніруючых панэляў і сухіх будаўнічых сумесяў (CSBC spol. sr. o., Славакія), у навучальным працэсе Установы адукацыі "Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі".

Вобласць ўжывання: інфармацыйная бяспека.

РЕЗЮМЕ

Мустафа Неамах Рахим Неамах

Экраны электромагнитного излучения на основе порошкообразных отходов плавки чугуна для технических средств защиты информации

Ключевые слова: экраны электромагнитного излучения, технический канал утечки информации, электромагнитное излучение, коэффициент отражения, коэффициент передачи.

Цель работы: состоит в исследовании эффективности конструкций экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразных отходов плавки чугуна и формировании радиозранирующих элементов строительных конструкций для защиты информации от утечки по электромагнитному каналу.

Методы исследования и оборудование: магнитные свойства исследовали с помощью магнитометра Cryogenic 14T vibrating sample magnetometer, экранирующие характеристики электромагнитных экранов были получены с использованием панорамного измерителя коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01-18, спектрально-поляризационные характеристики получены с помощью спектрорадиометра ПСР-02.

Полученные результаты и их новизна: разработаны и исследованы модульные конструкции экранов электромагнитного излучения, основанные на введении порошкообразных отходов плавки чугуна в цементосодержащую или полимерную матрицу, что позволяет управляемо изменять значения коэффициентов передачи и отражения при формировании таких электромагнитных экранов за счет изменения размера фракции вводимого порошкообразного материала.

Степень использования: результаты исследования применены при создании экранирующих панелей и сухих строительных смесей (CSBC spol. sr. o., Словакия), в учебном процессе Учреждения образования “Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники”.

Область применения: информационная безопасность.

SUMMARY

Mustafa Neamah Rahim Neamah

Shields of an electromagnetic radiation on the basis of a powdery waste of fusion of cast iron for hardware components of protection of the information

Keywords: electromagnetic radiation shields, the technical channel of information leakage, electromagnetic radiation, coefficient of reflexion, transfer ratio.

Aim of the work: consists in examination of efficiency of constructions of shields of an electromagnetic radiation on the basis of a powdery waste of fusion of pig-iron and formation of radio screening devices of building constructions for protection of the information against leakage on the electromagnetic channel.

Research methods and equipment: magnetic properties explored by means of Cryogenic 14T vibrating sample magnetometer, screening performances of electromagnetic screens have been gained with use of the panoramic meter of transfer ratios and reflexions SNA 0,01-18, the is spectroscopic-polarisation performances are gained by means of spectroradiometer ПСР-02.

The results obtained and their novelty: are developed and explored modular constructions of shields of the electromagnetic radiation, grounded on introduction of a powdery waste of fusion of cast iron in цементосодержащую or a polymeric matrix that allows, is controllable to change values of transfer ratios and reflexion at formation of such electromagnetic screens, at the expense of a dimensional change of fraction of an inducted powdery material.

Extent of usage: effects of examination are applied at making of screening panel and dry building intermixtures (CSBC spol. sr. o., Slovakia), in educational process of Establishment of education "Belarussian state university of informatics and radioelectronics".

Field of application: information security.

Научное издание

НЕАМАХ МУСТАФА РАХИМ НЕАМАХ

**ЭКРАНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ПОРОШКООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ ПЛАВКИ ЧУГУНА
ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.13.19 – Методы и системы защиты информации,
информационная безопасность

Подписано в печать 27.01.2014	Формат 60x84 ¹ / ₁₆ .	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Отпечатано на ризографе.	Усл. печ. л. 1,63.
Уч. изд. л. 1,5.	Тираж 60 экз.	Заказ 16.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6