

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УДК [537.531:621.762]: 004.056

МАХМУД
Мохаммед Шакир Махмуд

**ЭКРАНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ШУНГИТСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПАССИВНЫХ
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 2013

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

Человек, руководитель, **Лыньков Леонид Михайлович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой защиты информации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Официальные оппоненты: **Смирнов Александр Георгиевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры микро- и наноэлектроники” учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

Хижняк Александр Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры автоматизированных систем управления войсками учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь».

Оппонирующая организация: Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси

Защита состоится «16» мая 2013 г. в 14.00 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.

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Применение пассивных методов и средств противодействия возможной утечки информации по электромагнитным и оптическим каналам является весьма важным аспектом для повышения уровня маскирующих свойств экранирующих элементов, располагаемых между аппаратурой перехвата и источником информации. Для ослабления контролируемых излучений применяют разнообразные конструкции имитационных и защитных технических средств на основе строительных материалов с различными диэлектрическими, проводящими и магнитными свойствами.

Использование шунгита, содержащего 30 % углерода, в качестве композиционного материала для изготовления экранов электромагнитных излучений (ЭМИ) находится на стадии активного применения (строительные материалы) и проведение новых исследований по изучению в первую очередь коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот порядка 0,1 ГГц и более представляется весьма актуальным. Для достижения эффективности скрытия объектов информатизации от обнаружения средствами перехвата при использовании шунгита необходимо осуществлять подбор концентрации основного материала, связующего вещества, количества и порядка расположения слоёв (пирамидообразные формы) при одновременном снижении стоимости и массы.

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» № 325-о от 25.09.2010 г. и соответствует подразделам 5.5 «Методы, средства и технологии обеспечения информационной безопасности при обработке, хранении и передаче данных с использованием криптографии, квантово-криптографических систем» и 8.4 «Новые композиционные материалы на основе металлов, керамики и углерода, нано- и микроструктурированные материалы и способы их синтеза, нанотехнологии, моделирование и создание адаптивных материалов» приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19.04.2010 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 (с 2011 г. и по настоящий момент, № ГР 20115132).

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является исследование эффективности новых конструкций экранов для обеспечения информационной безопасности от утечки по оптическому и электромагнитному каналам на основе шунгитсодержащих порошкообразных материалов в различных вяжущих основах.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обоснование выбора порошков шунгита в качестве основного материала для создания конструкций экранов ЭМИ и выбрать необходимые вяжущие материалы и другие добавки.
2. Исследовать влияние состава растворных водосодержащих наполнителей для создания монолитных шунгитсодержащих бетонов и гипсов, шунгитсодержащих покрытий на различных основаниях на характеристики подавления и отражения электромагнитных волн для пассивных средств защиты информации по оптическим и электромагнитным каналам утечки.
3. Исследовать влияние повышенных и пониженных температур на свойства разрабатываемых экранов электромагнитных излучений.
4. Исследовать влияние мощности электромагнитного излучения на характеристики ослабления шунгитсодержащих экранов ЭМИ.
5. Разработать рекомендации по использованию разработанных экранов в качестве основы укрытий для маскировки источников ЭМИ, в средствах вычислительной техники и оптических каналах утечки элементов строительных конструкций, в том числе и в огнезащитном исполнении.

В качестве объекта исследований выбраны строительные шунгитсодержащие конструкции экранов электромагнитных излучений.

Предметом исследования являются характеристики ослабления и отражения экранов ЭМИ, спектрально-поляризационные свойства порошкообразного шунгита в вяжущих материалах.

Положения, выносимые на защиту

1. Экспериментальное обоснование конструкции экранов электромагнитных излучений в виде монолитных шунгитобетонов и покрытий, основанных на введении в состав смеси для их приготовления растворов хлорида кальция (40 % об.) и портландцемента, что позволяет снизить коэффициент отражения до -10 дБ в диапазоне частот $0,7...10$ ГГц при использовании покрытия с пирамидообразным рельефом поверхности и металлического отражателя и существенно (до 10 раз) снизить затраты по сравнению с шунгитобетонами на основе магнезиальных цементов.
2. Установленный эффект замедления процессов отверждения смеси алебаstra с шунгитом при введении в нее водного раствора с $40...60$ %-ным

содержанием хлорида кальция позволяет за счет повышения влагосодержания в таких структурах получать пастообразные материалы и формировать на их основе экраны ЭМИ с эффективностью экранирования до 20 дБ ослабления электромагнитного излучения, при коэффициенте отражения $-5...-10$ дБ в диапазоне 0,7...18 ГГц.

3. Введение в состав огнезащитных силикатных красок порошкообразного шунгита с размером фракции 20...30 мкм, порошкообразного диоксида кремния (силикагеля) с размером фракции 20...30 мкм, пропитанных 40 %-ным раствором хлорида кальция позволяет формировать огнестойкие покрытия на целлюлозе, металле, стекле, дереве с экранирующими характеристиками по ослаблению $-8...-10$ дБ и коэффициентом отражения -10 дБ в диапазоне частот 0,7...18 ГГц.

4. Порошкообразный шунгит с размером частиц 20... 30 мкм, вводимый в качестве наполнителя в краски, бетонные смеси (на основе портландцемента), алебастр с добавлением водных растворов хлорида кальция характеризуется значением коэффициента спектральной яркости 0,08... 0,32 в диапазоне 440...940 нм и степени поляризации с 0,1...0,82 в диапазоне длин волн 1140...2340 нм, что позволяет рекомендовать покрытия из шунгитобетонов для маскировки подвижной техники на фоне различных почв и 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 средств экранов ЭМИ и изучению свойств, а также обработка, анализ и интерпретация полученных результатов, формулировка выводов.

Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились с научным руководителем, доктором технических наук Л.М. Лыньковым, который принимал участие в планировании работ и обсуждении результатов, а также с кандидатом технических наук Е.А. Криштоповой и кандидатом технических наук Т.А. Пулко, совместно с которыми разрабатывались конструкции экранов ЭМИ.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертации обсуждались на VIII и IX научно-технической конференции «Управление информационными ресурсами» (Минск, 2011, 2012), Международной научно-технической конференции «Молодежь и современные проблемы радиотехники и коммуникаций» (Севастополь, Украина, 2011, 2012); XXX General Assembly and Scientific

Symposium of the International Union of Radio Science (Istanbul, Turkey, 2011), 21-й, 22-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо, Украина, 2011, 2012, XXI Международной конференции «Electromagnetic disturbances EMD'2011» (Białystok, Poland, 2011), VIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей «Содружество наук. Барановичи-2012» (Барановичи, Беларусь, 2012), 12-й международной научной конференции «Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI» (Минск, Беларусь, 2012), Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы информационной безопасности» (Минск, 2012), XVII Международной научно-технической конференции «Современные средства связи» (Минск, Беларусь, 2012), 5-й Международной научной конференции по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения «МИЛЕКС – 2011» (Минск, 2009), IX и X Белорусско-российской научно-технических конференциях «Технические средства защиты информации» (Минск, Беларусь, 2011, 2012), Всероссийской молодежной научной школе «Химия и технология полимерных и композиционных материалов» (Москва, Россия, 2012), VII Международной научно-технической конференции «Медэлектроника – 2012» (Минск, 2012).

Опубликованность результатов диссертации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 33 работы, в том числе 1 монография (5 авторских листов), 9 статей в научных журналах, 16 статей в сборниках материалов конференций, 6 тезисов докладов, 1 заявка на 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 7,3 авторских листов.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений. В первой главе проведен анализ экранирования электромагнитного излучения, представлен обзор углеродсодержащих материалов и конструкций на их основе, используемых для формирования экранов ЭМИ. Охарактеризованы основные методы и материалы для снижения уровня электромагнитных и оптических источников информации.

Во второй главе содержится обоснование выбора конструкций экранов ЭМИ и вяжущих и строительных материалов. Изложены методики измерения экранирующих и спектрально-поляризационных характеристик предлагаемых

материалов и конструкций, методики исследования мощности СВЧ на характеристики ослабления ЭМИ.

Третья глава содержит результаты исследования влияния вяжущих компонентов в шунгитсодержащих порошковых композиционных материалах с различными наполнителями на их радиозащитные свойства.

В четвертой главе изложены результаты разработки процессов создания радиоэкранирующих шунгитсодержащих модулей и рекомендации по их использованию.

Общий объем диссертационной работы составляет 156 страниц, из которых 83 страницы текста, 83 рисунка на 41 странице, 10 таблиц на 9 страницах, библиографический список из 148 источников и 33 собственных публикаций автора на 18 страницах, 2 приложения на 5 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении проведено обоснование необходимости основных направлений исследований, показана необходимость проведения исследований, связанных с использованием порошкообразного шунгита для экранирования электромагнитных излучений, обоснована актуальность исследований.

В первой главе приведены результаты анализа технической и патентной информации, где показано, что электромагнитный канал утечки информации может быть применен для перехвата информативных побочных электромагнитных излучений и наводок. Для защиты информации от утечки по электромагнитному каналу обычно используют активный и пассивный методы. Для первого метода обычно применяют специальные широкополосные передатчики помех, а для второго - избирательное или полное электромагнитное экранирование.

Основным требованием ко всем типам электромагнитных экранов является максимально возможный коэффициент затухания электромагнитных волн на выходе из материала экрана. Современные экраны выполняются из композитов на основе дисперсного наполнителя (частицы порошкообразных веществ, волокна, микросфера), распределенного и зафиксированных в связующем веществе. При этом многими исследователями активно используется углерод в форме порошка или волокон. К углеродным материалам относится шунгит, содержащий 30 % углерода глобулярного строения, распределенного в аморфной силикатной матрице.

Показано, что на данном этапе создан ряд радиоэкранирующих композиционных шунгитсодержащих материалов и изделий: устройства индивидуальной защиты человека от излучений сотовых телефонов, различные строительные материалы многоцелевого использования (бетон, кирпич,

шлакобетон, краски, штукатурные смеси). Исследование использования шунгита для экранирования помещений свидетельствует не только о снижении уровня электромагнитного излучения, но и о благоприятном воздействии на организм человека: ускорении лечения разных заболеваний и способности восстановления психофизиологического состояния человека после стрессов при регулярном посещении шунгитовых комнат.

Однако имеющиеся шунгитовые строительные материалы имеют недостаток: значительные массогабаритные характеристики, а магнезиальные шунгитобетоны к тому же имеют высокую стоимость. Из этого следует, что для решения проблемы защиты информации от утечки по электромагнитному каналу необходимо разработать новые высокоэффективные конструкции, шунгитсодержащие средства защиты с небольшими значениями массы и стоимости.

Во второй главе представлено обоснование использования минеральных и органических вяжущих материалов для создания шунгитсодержащих элементов строительных конструкций различного назначения. С точки зрения снижения стоимости разрабатываемых экранов в качестве таких наполнителей выбраны портландцементы, гипсовый алебастр, краски, латекс и добавки порошков диоксида титана, Ni-Zn ферритов, диоксида кремния (силикагель) и других.

Исследование эффективности экранирующих средств проводили в диапазоне частот от их предполагаемого применения для подавления электромагнитных и визуально-оптических каналов утечки информации. Особенности взаимодействия предложенных материалов с излучением оптического видимого диапазона изучались на гониометрической установке со спектроанализатором с поляризационной насадкой. Характеристики ослабления электромагнитного излучения исследовались в СВЧ-диапазоне (8...12 ГГц, 0,7...18 ГГц, 0,1...1 ГГц).

В третьей главе представлены результаты исследования влияния вяжущих компонентов в шунгитсодержащих порошковых композиционных материалах с различными наполнителями на их радиоэкранирующие свойства.

На первом этапе был изготовлен шунгитсодержащий бетон по традиционной схеме путем смешивания порошка шунгита, портландцемента марки 500 и воды в различных соотношениях. Установлено, что при этом широко используемый в практике параметр соотношения вода/цемент, равный 0,3...0,5, при добавлении шунгитового порошка не приводил к созданию высокопрочных бетонных шунгитсодержащих искусственных камней, покрытий и плиток на их основе.

Образцы экранов, изготавливаемых по данной технологии, обладали низкими прочностными характеристиками при различных соотношениях вышеуказанных вяжущих компонентов, наполнителя и воды. На рисунке 1 представлен внешний вид поверхности таких образцов.

Для усиления прочности предложено введение в состав экранов ЭМИ на основе строительных вяжущих веществ хлорида кальция, который не дает испаряться капиллярной воде из пор образцов, позволяет значительно повысить значение ослабления ЭМИ и улучшить адгезию шунгитсодержащих бетонов,

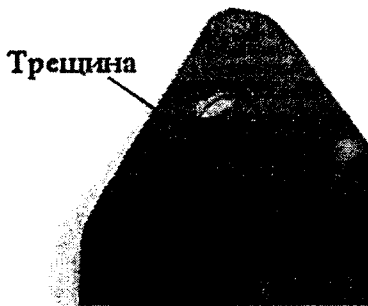


Рисунок 1 – Внешний вид образца экрана из шунгитсодержащего бетона на основе портландцемента

цементов и гипсовых смесей к поверхности различного рода подложек – синтетического и природного происхождения. Экспериментально установлена возможность получения экранов ЭМИ в пастообразной форме на основе гипсового алебаstra с водным раствором CaCl_2 и шунгитсодержащими порошковыми наполнителями за счёт эффекта удержания воды в таких структурах, что приводит к возможности нанесения таких материалов на любые поверхности и (при необходимости) их механического удаления. Значение ослабления в таких материалах величину до 30 дБ при толщине 2...3 мм с коэффициентом отражения равным -4 дБ в частотном диапазоне 8...12 ГГц.

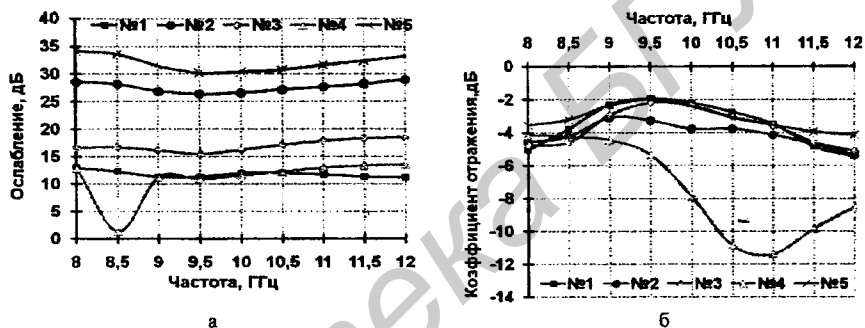
Разработаны варианты экранов ЭМИ и экранирующих покрытий на основе используемых в современном строительстве вяжущих материалов – портландцемента, гипсового алебаstra с добавлением порошкообразных наполнителей – шунгита, Ni-Zn феррита, силикагеля, оксида титана, оксида кремния (силикагель) и хлорида кальция (таблица 1). Исследования характеристик ослабления и отражения ЭМИ компонентов экранов на основе порошкообразного шунгита позволяют создавать экранирующие конструкции с требуемыми значениями параметров ослабления и отражения, а также выбирать оптимальный состав и соотношение наполнителей экрана исходя из требуемых условий его эксплуатации.

Введение в состав экранов ЭМИ Ni-Zn феррита позволяет за счет наличия эффектов поглощения и отражения электромагнитных волн значительно увеличить значение ослабления ЭМИ при одновременном снижении коэффициента отражения до -11 дБ в диапазоне частота 8... 12 ГГц (рисунок 2).

Создание гибких экранов ЭМИ возможно с использованием технологии нанесения поглощающего покрытия на эластичную полимерную матрицу, например, синтетический трикотаж или пенополиуритан, с обеспечением значениям ослабления ЭМИ порядка 20 дБ при толщине поглощающего слоя покрытия порядка 1 мм.

Таблица 1 – Содержание порошкообразных компонентов и воды в шунгитсодержащих образцах экранов ЭМИ

№ образца	Толщина образца, мм	Шунгит, объем. %	Гипсовый алебастр, объем. %	Хлорид кальция, объем. %	Ni-Zn феррит, объем. %	Вода, объем. %
1	4	30	30	-	-	40
2	3	25	25	40	-	10
3	5	60	20	-	-	20
4	5	40	50	-	-	10
5	5	30	15	15	30	10



а – ослабление ЭМИ; б – коэффициент отражения (с металлическим отражателем)

Рисунок 2 – Частотные характеристики ослабления и отражения ЭМИ из шунгита на основе гипсового алебастра в диапазоне частот 8... 12 ГГц

Разработаны экранирующие слои конструкций экранов ЭМИ на основе полимерных клеев и порошкообразного шунгита, которые могут быть использованы как отдельные компоненты многослойного экрана ЭМИ, так и как отдельные изделия. Показано, что введение в состав образцов Ni-Zn феррита позволяет увеличить значение их ослабления при неизменном коэффициенте отражения (-4 дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц).

Получены варианты экранов ЭМИ со стабильными характеристиками ослабления и отражения ЭМИ (± 2 дБ) после огневого воздействия на основе огнезащитных красок с диспергированными частицами порошкообразных шунгита и оксида кремния (силикагель). При этом доказано улучшение огнестойкости при воздействии пламени от газовой горелки до 12 мин и более, посредством выбора материала подложки, а также путем добавления в состав огнезащитной краски наполнителей – шунгита и оксида кремния (силикагель), которые при взаимодействии с открытым пламенем образуют коксоподобную пористую структуру с высокой изолирующей способностью.

Установлено, что прогорание образцов экранов, покрытых огнезащитной краской без дополнительных добавок, происходит через 7,2 с при использовании в качестве подложки трикотажа и через 37,3 с при использовании целлюлозной подложки, с образованием в обоих случаях отверстий диаметром 40 мм, обугливанием краёв материала подложек образцов и выделением большого количества дыма.

В случае подложки из целлюлозы, характеризующейся высокими адгезионными свойствами используемой краски с шунгитсодержащими добавками, через 15 с после начала воздействия пламени газовой горелки на поверхности образца начал образовываться кокс, который полностью сформировался за 30 с, а прогорание материала подложки не происходило менее чем за 12 мин. Полученный результат, учитывая использование одинакового покрытия для двух групп образцов, свидетельствует о дополнительном влиянии на характеристики огнестойкости материала подложки шунгитсодержащих добавок.

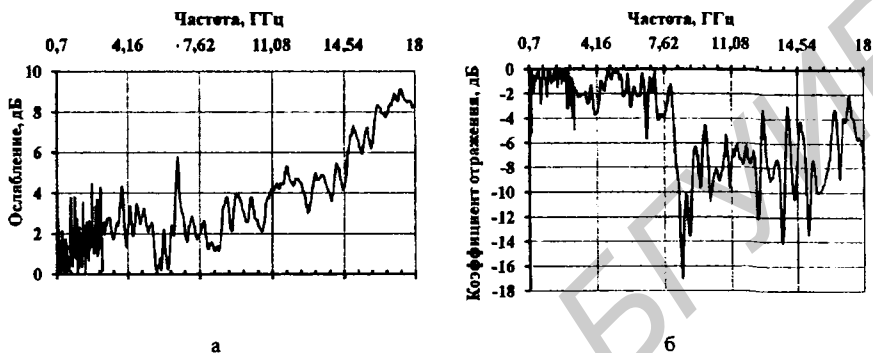
Четвертая глава посвящена разработке процессов создания радиоэкранирующих шунгитсодержащих модулей и рекомендаций по их использованию.

Показана возможность создания шунгитобетонных строительных плиток толщиной до 3 мм с линейными размерами $\approx 0,5 \times 0,5$ м на основе портландцементов с введением в воду, используемую для приготовления бетонного раствора, хлорида кальция. При значительном отклонении его содержания в водном растворе от 30 % качество формируемых шунгитобетонных снижалось. В диапазоне частот 0,7... 18 ГГц происходило ослабление ЭМИ на величину от 4 до 9 дБ (в диапазоне частот 10...18 ГГц). При размещении металлического отражателя коэффициент отражения ЭМИ уменьшается на частотах 8...18 ГГц до величины -17 дБ (рисунок 3). В диапазоне 0,5...8 ГГц плоские строительные плитки характеризуются высокой отражательной способностью, коэффициент отражения составляет -2,0 дБ.

Показано несомненное преимущество экранирующих пирамидальных модулей по сравнению с плитками плоской конструкции и модулями трапецидальной протяженной формы. Масса таких конструкций составляла до 30 кг/м^2 .

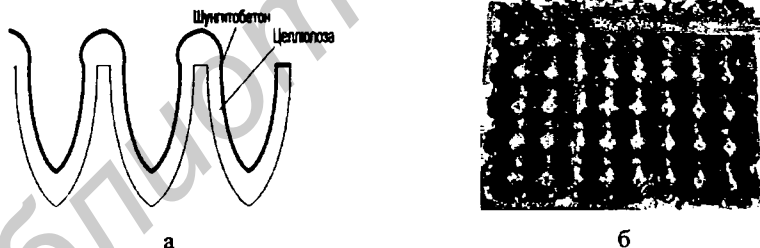
Разработанные конструкции монолитных шунгитобетонных модулей обладают достаточно большой массой до 30 кг/м^2 (при использовании дополнительных металлических отражателей), поэтому соискателем предложена новая технология формирования покрытий из шунгитобетона на пирамидальные формы путем нанесения соответствующих растворов композиций на основе портландцементов. Растворная смесь из порошка шунгита с размером фракций $\approx 0,5$ мм и портландцемента (марка 500) в весовом соотношении 1:1 в 30 %-ном

водном растворе хлорида кальция CaCl_2 наносилась слоем толщиной 4... 5 мм на поверхность пирамидальных форм из целлюлозы размером 0,4×0,3 м. На рисунке 4 представлено схематическое изображение образцов, используемых модулей с нанесённым покрытием из шунгитобетона.



а – ослабление; б - коэффициент отражения с металлическим отражателем; соотношение компонентов: 35 объем. % шунгит, 35 объем. % цемент, ... 30 объем. % водный раствор хлорида кальция

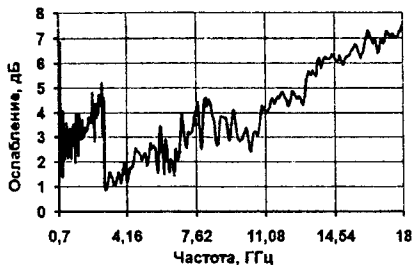
Рисунок 3 – Частотные зависимости экранирующих характеристик бетонов на основе шунгита в диапазоне частот 0,7... 18 ГГц



а – схематичное изображение; б - внешний вид

Рисунок 4 –Разработанные образцы строительных модулей с шунгитобетонным покрытием пирамидообразного целлюлозного основания

Показано, что значение ослабления ЭМИ такими модулями имеет тенденцию к увеличению от 4 до 8 дБ в диапазоне частот 0,7...18 ГГц, коэффициент отражения снижается до -20 дБ в диапазоне частот 0,7... 18 ГГц при проведении измерений с металлическим отражателем (рисунок 5).



а



б

а – ослабление; б - коэффициент отражения с металлическим отражателем;
описание образца: целлюлозная пирамидообразная форма, соотношение компонентов:
35 объем.% шунгит, 35 объем.% цемент, 30 объем.% водный раствор хлорида кальция

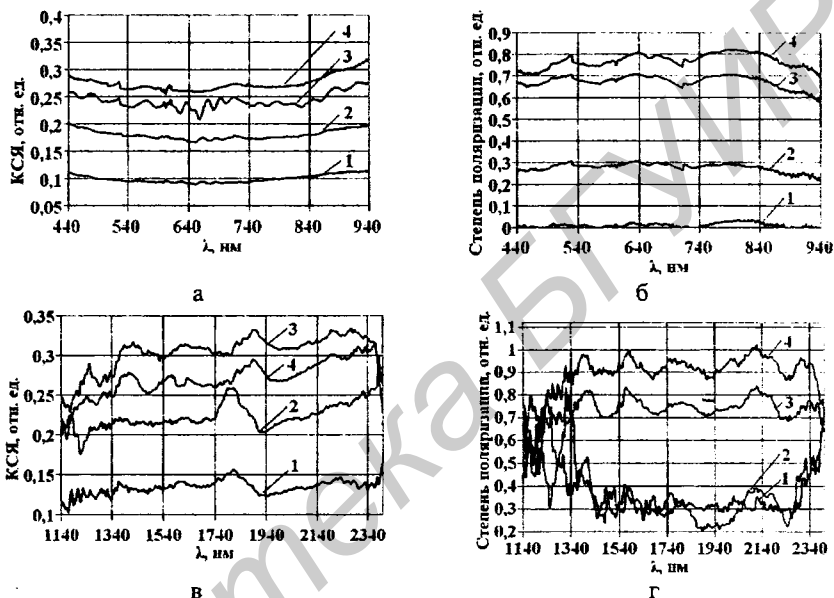
Рисунок 5 – Частотные зависимости в диапазоне частот 0,7... 18 ГГц экранирующих характеристик образцов строительных модулей с шунгитобетонным покрытием пирамидообразного целлюлозного основания

Показано, что воздействие на порошковые композиционные шунгитсодержащие экраны ЭМИ на основе вяжущих материалов температур до 150°C и менее приводит к снижению значения ослабления на 4 дБ. Установлено резонансное увеличение коэффициента отражения до $-2,7$ дБ на частоте 10 ГГц при размещении металлического отражателя за экраном при температуре -30°C . С увеличением температуры нагрева до $100...150^{\circ}\text{C}$ наблюдается стабилизация характеристики отражения на уровне $-6,8...-7,5$ дБ в диапазоне частот $8...12$ ГГц. Экспериментально показано, что при пониженных температурах $-10...23^{\circ}\text{C}$ значительных изменений экранирующих характеристик образцов не обнаружено.

Для проведения измерений в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах длин волн ($440...2440$ нм) использовались гониометрическая установка и спектрополяриметр Гемма МС-09, имеющий разрешение не хуже $1,5$ нм, с поляризационной насадкой, позволяющий регистрировать спектральную плотность энергетической яркости образцов при различных положениях оси поляроида. Угол падения коллимированного пучка света на исследуемый объект (γ) составлял 45° . Углы наблюдения (β) были выбраны фиксированные: 0° , 25° , 45° и 65° . Углы наблюдения и падения отсчитывались от нормали к плоскости исследуемого объекта. Учитывая спектральную чувствительность приемника измерительной установки и спектральную характеристику используемого источника света для исключения шумовых компонент в спектрах отражения, анализировались полученные значения коэффициента спектральной яркости (КСЯ) в диапазоне длин волн $440...940$ нм. В диапазоне частот $1140...2340$ нм установлено при угле наблюдения 0° полное отсутствие поляризации видимого

света (степень поляризации менее 0,02), что свидетельствует об оптической заметности таких материалов на различных фонах

Согласно проведённым исследованиям установлено снижение КСЯ и степени поляризации излучения поверхностью образцов путем увеличения диффузной составляющей отражения (рисунок 6).



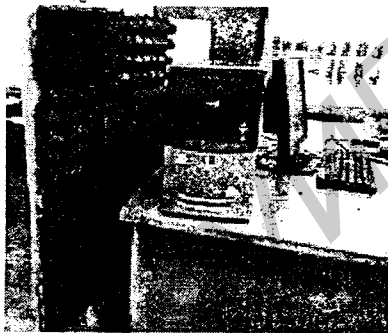
а - коэффициент спектральной яркости в диапазоне длин волн видимого излучения; б - степень поляризации отраженного излучения в диапазоне длин волн видимого излучения; в - коэффициент спектральной яркости в диапазоне длин волн ИК-излучения; г - степень поляризации отраженного излучения в диапазоне длин волн ИК-излучения; угол наблюдения: 1 - 0°, 2 - 25°, 3 - 45°, 4 - 65°

Рисунок 6 – Коэффициент спектральной яркости и степень поляризации отраженного излучения пастообразных углеродсодержащих материалов на основе алебаstra в диапазоне длин волн видимого и ИК-излучения

В диапазоне 440... 940 нм образцы конструкций экранов на основе пастообразных углеродсодержащих материалов с использованием алебаstra (в соотношении 1:1), пропитанные гигроскопичным раствором хлорида кальция (содержание в образце не менее 30 %) имеют значения КСЯ в пределах 0,08... 0,32 в зависимости от угла наблюдения, при угле падения коллимированного лучка света 45° к поверхности образца (рисунок 6, а, в). Значение степени поляризации поверхности определяется углом наблюдения, увеличение которого приводит к увеличению поляризации света исследуемым образцом с 0,1 до 0,82 (рисунок 6, б, г). Синтезированный материал значительно поляризует свет в

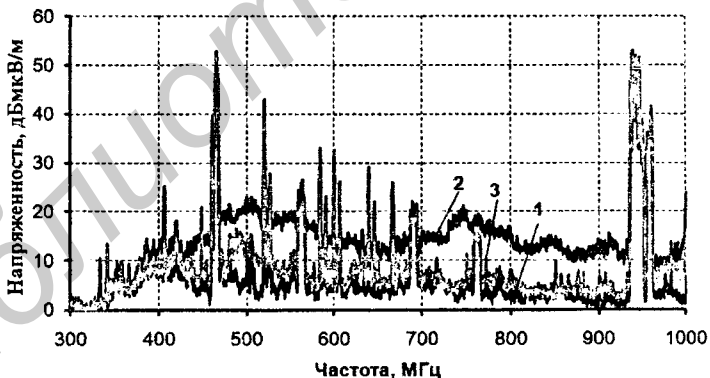
диапазоне длин волн 440... 940 нм при углах наблюдения 45° и 65°. Полученные спектрально – поляризационные характеристики коррелируют с аналогичными характеристиками природных объектов.

Разработано и испытано устройство защиты средств вычислительной техники от утечки информации по электромагнитному каналу на основе переносной конструкции экрана ЭМИ (рисунок 7), размещаемых между системным блоком и измерительной антенной (для измерения уровней излучений использовался анализатор спектра Agilent E7404), представляющей собой пирамидообразный модуль из целлюлозы, на поверхности которого формировалось 3-хмиллиметровое покрытие из шунгитобетона общим размером 0,8×0,72 м и размещался отражатель из алюминиевой фольги толщиной 2 мкм. Показано снижение уровня ЭМИ в пределах 2... 10 дБ в диапазоне частот 0,3... 1 ГГц (рисунок 8).



1 – системный блок ПК; 2 – несущая конструкция; 3 – радиопоглощающие модули на основе шунгитобетона

Рисунок 7 – Внешний вид размещения модуля защиты средств вычислительной техники от утечки по электромагнитному каналу



1 – электромагнитный фон при выключенном ПК; 2 – электромагнитный фон при включенном ПК; 3 – металлический экран шунгитобетона

Рисунок 8 – Спектральная характеристика ЭМИ системного блока персонального компьютера

В приложении представлены акты о проведении испытаний и внедрении в НИИ Вооруженных Сил Республики Беларусь и в учебный процесс учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», а также копия диплома II степени конкурса инновационных проектов «Петербургская техническая ярмарка» в 2013 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Предложены варианты конструкций экранов ЭМИ на основе используемых в современном строительстве вяжущих материалов – портландцемента, гипсового алебаstra с добавлением порошкообразных заполнителей шунгита, Ni-Zn феррита, силикагеля, оксида титана, оксида кремния (силикагель) и водных растворов оксида кальция. Показано, что введение в состав экранов ЭМИ на основе строительных вяжущих веществ хлорида кальция, с использованием которого снижается уровень испарения капиллярной воды из пор образцов, позволяет значительно повысить значение ослабления ЭМИ и улучшить адгезию шунгитсодержащих бетонов, цементов и гипсовых смесей к поверхности различного рода подложек синтетического и природного происхождения. Экспериментально установлена возможность получения экранов ЭМИ в пастообразной форме на основе алебаstra, что приводит к возможности нанесения таких материалов на любые поверхности и (при необходимости) их механическое удаление. Значение ослабления в таких материалах составило величину до -30 дБ при толщине 2... 3 мм с коэффициентом отражения -4 дБ в частотном диапазоне 8... 12 ГГц [1-А, 2-А, 4-А, 6-А, 13-А, 15-А, 19-А, 24-А].

2. Получены конструкции экранов ЭМИ на основе огнезащитных красок с диспергированными частицами порошкообразного шунгита и оксида кремния (силикагель) со стабильными характеристиками ослабления и отражения ЭМИ (± 2 дБ) после огневого воздействия. При этом выявлено улучшение огнестойкости при воздействии пламени от газовой горелки до 12 мин и более посредством выбора материала подложки, а также вследствие добавления в состав огнезащитной краски наполнителей – шунгита и оксида кремния (силикагеля), которые при взаимодействии с открытым пламенем образуют коксподобную пористую структуру с высокой изолирующей способностью [1-А, 9-А, 33-А, 28-А].

3. Предложена и разработана лабораторная технология создания шунгитобетонных монолитных модулей с использованием промышленно производимых прессованием целлолозных опалубок с геометрическими пирамидообразными неоднородностями 4... 5 мм и таким же расстоянием между ними, и с линейными размерами $0,4 \times 0,4$ м в деревянной торцевой опалубке. Показано, что в диапазоне

частот 0,7... 18 ГГц ослабление ЭМИ достигает величины ≈ 30 дБ, а коэффициент отражения снижается от $-7,0...-16$ дБ в диапазоне частот 0,7...13 ГГц. Экспериментально обоснована технология нанесения шунгитобетонных покрытий на целлюлозные формы с геометрическими пирамидообразными неоднородностями. В качестве материала покрытий использованы шунгитобетон, акриловые краски с добавлением в их состав порошков шунгита и Ni-Zn феррита. Показано, что в диапазоне частот 0,7... 18 ГГц коэффициент отражения покрытий из шунгитобетона при использовании металлического отражателя составляет величину $-20...-7$ дБ. Удельная масса таких покрытий составляет $1,5 \text{ кг/м}^2$, что свидетельствует о возможности использования разработанных конструкций для различного вида переносимых экранов ЭМИ. Показана возможность создания экранов ЭМИ по стоимости до 10 раз меньше по сравнению с использованием магнезиального цемента за счёт применения вяжущего материала из портландцемента [1-А, 7-А, 8-А, 12-А, 14-А, 25-А].

4. В результате исследований ослабления мощности электромагнитных излучений в диапазоне 1... 5 мВт шунгитобетонными монолитными строительными плитками, образцами покрытий из шунгитобетона на целлюлозных основаниях показана возможность полного подавления излучений в диапазоне частот 3... 18 ГГц. Использование армирующих стальных сеток в составе таких конструкций приводит к подавлению мощности ЭМИ во всем исследуемом диапазоне (0,8... 18 ГГц) [1-А, 3-А, 22-А].

5. Установлено, что для покрытий из шунгитосодержащих материалов в алебастре (соотношение 1:1) и водных растворов хлорида кальция ≈ 30 %, значение коэффициента спектральной яркости в диапазоне длин волн 440... 940 нм составляет 0,08... 0,32 в зависимости от угла наблюдения. Значение степени поляризации поверхности с увеличением угла наблюдения приводит к увеличению поляризации света с 0,1 до 0,82. В диапазоне частот 1140... 2340 нм установлено при угле наблюдения 0° полное отсутствие поляризации видимого света (степень поляризации менее 0,02), что свидетельствует об оптической заметности таких материалов на различных фонах [1-А, 10-А, 30-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Разработаны экранирующие слои конструкций экранов ЭМИ на основе полимерных клеев и порошкообразного шунгита, которые использованы как отдельные компоненты многослойного экрана ЭМИ, так и как отдельные изделия. Показано, что введение в состав образцов Ni-Zn феррита позволяет увеличить значение их ослабления при неизменном коэффициенте отражения (-4 дБ в диапазоне частот 8... 12 ГГц) [5-А, 6-А, 11-А, 16-А, 18-А, 19-А, 21-А, 29-А].

2. Показана возможность создания шунгитобетонных строительных плиток толщиной до 3 мм с линейными размерами $\approx 0,5 \times 0,5$ м на основе портландце-

ментов с введением в воду, используемую для приготовления бетонного раствора, хлорида кальция. При уменьшении его содержания в водном растворе менее или более 30 % качество формируемых шунгитобетонов снижалось. В диапазоне частот 0,7...18 ГГц значение ослабления ЭМИ увеличивается от 4 до 9 дБ (в диапазоне частот 10... 18 ГГц). При размещении металлического отражателя коэффициент отражения ЭМИ уменьшается при частотах 8...18 ГГц до величины -9 дБ. В диапазоне 0,5...8 ГГц плоские строительные плитки характеризуются высокой отражательной способностью (коэффициент отражения равен -2 дБ) [1-А, 8-А, 17-А, 20-А, 31-А, 32-А].

3. Показано, что воздействие на порошковые композиционные шунгитосодержащие экраны ЭМИ (вяжущий материал – портландцемент) температуры в пределах 150 °С и менее приводит к снижению значения ослабления на 4 дБ. Установлено резонансное увеличение коэффициента отражения до -2,7 дБ на частоте 10 ГГц при размещении металлического отражателя за экраном при температуре ≈30 °С. С увеличением температуры нагрева до 100...150 °С наблюдается стабилизация характеристики отражения на уровне -6,8...-7,5 дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц. При пониженных температурах -10°...-23 °С значительных изменений характеристик экранов не зафиксировано [1-А, 27-А].

4. Установлено, что в шунгитобетонных покрытиях наблюдается значительное снижение коэффициента спектральной яркости в пределах 0,02... 0,05 (углы наблюдения 0° и 25°) и 0,06...0,09 (углы наблюдения 45° и 65°), что коррелирует с аналогичными характеристиками растительности и почв. В инфракрасном диапазоне наблюдается незначительное повышение КСЯ на 0,01... 0,04, что коррелирует с аналогичными характеристиками хвойных пород зимой [1-А, 9-А, 26-А].

5. Разработано и испытано устройство защиты средств вычислительной техники от утечки информации по электромагнитному каналу на основе переносных конструкций экранов ЭМИ, размещаемых между системным блоком и измерительной антенной, и представляющее собой пирамидообразный модуль из целлюлозы, на поверхности которого формировалось 3-хмиллиметровое покрытие из шунгитобетона общим размером 0,8×0,72 м и размещался отражатель из металлической фольги толщиной 2 мкм. Показано снижение уровня ЭМИ в пределах 2... 10 дБ в диапазоне частот 0,3... 1 ГГц [1-А, 8-А, 23-А].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии

1–А. Махмуд, М.Ш. Шунгитсодержащие композиционные экраны электромагнитного излучения / М.Ш. Махмуд, Н.В. Насонова, Е.А. Криштопова, Т.В. Борботько, А.М. Прудник, Л.М. Лыньков; под ред. Л.М. Лынькова. – Минск: Бестпринт, 2013. – 195 с.

Статьи в научных журналах

2–А. Криштопова, Е.А. Влияние жидкостного химического травления поверхности шунгита на его экранирующие свойства / Е.А. Криштопова, М.Ш. Махмуд // Доклады БГУИР. – 2011. – № 1 (55). – С. 109–111.

3–А. 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.

4–А. Пухир, Г.А. Защитные свойства экранов электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на основе комбинированных, диэлектрических и магнитных порошковых компонентов / Г.А. Пухир, М.Ш. Махмуд, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков // Доклады БГУИР. – 2011. – № 6 (60). – С. 94–97.

5–А. Пухир, Г.А. Гибкие поглотители электромагнитных излучение на основе эластичного полимера с добавлением сорбирующих порошков / Г.А. Пухир, М.Ш. Махмуд, Л.М. Лыньков // Доклады БГУИР. – 2011. – № 8 (62). – С. 99–102.

6–А. Криштопова, Е.А. Поглотители электромагнитного излучения на основе смесей порошкообразных наполнителей / Е.А. Криштопова, М.Ш. Махмуд, Л.М. Лыньков // Доклады БГУИР. – 2012. – № 1 (63). – С. 17–21.

7–А. Лыньков, Л.М. Экраны электромагнитного излучения на основе порошкообразного шунгита / Л.М. Лыньков, М.Ш. Махмуд, Е.А. Криштопова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия фундаментальных наук. – 2012. – № 4. – С. 103–108.

8–А. Махмуд, М.Ш. Углеродсодержащие отделочные материалы для защиты помещений специального назначения / М.Ш. Махмуд, Т.А. Пулко, А.М. Прудник, Л.М. Лыньков // Безопасность информационных технологий. – 2012. – № 1. – С. 192–194.

9–А. Пулко, Т.А. Разработка защитных экранов электромагнитного излучения на основе огнестойких материалов для экранирующих помещений / Т.А. Пулко, М.Ш. Махмуд, Т.В. Борботько, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. – № 11. – С. 66–71.

10–А. Махмуд, М.Ш. Оптические характеристики пастообразных углеродсодержащих материалов на основе алебастровых смесей / М.Ш. Махмуд, Е.С. Белоусова, Т.А. Пулко / Доклады БГУИР. – 2013. – № 2(72). – С. 99–102.

Статьи в сборниках и материалах конференций

11–А. Пухир, Г.А. Исследование защиты экранов электромагнитных излучений на основе водных растворов и порошков шунгита и феррита / Г.А. Пухир, М.Ш. Махмуд // Управление информационными ресурсами: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конференции, Минск, 10 февр. 2011 г. / Академия управления при Президенте Респ. Беларусь; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2011. – С. 170–172.

12–А. Пухир, Г.А. Поглотитель электромагнитного излучения с геометрическими неоднородностями на основе порошкообразных материалов / Г.А. Пухир, Е.А. Криштопова, М.Ш. Махмуд, А.А. Казека // Молодежь и современные проблемы радиотехники и коммуникаций «РТ-2011»: материалы 7-й междунар. молодежн. науч.-техн. конф., Севастополь, Украина, 11–15 апр. 2011 г. / СевНТУ; ред.: д-р техн. наук, проф. Ю.Б. Гимпилевич. – Севастополь, 2011. – С. 391.

13–А. Mahmoud, M. Sh. Effect of magnetic impurities in based on shungite electromagnetic absorbers on its shielding properties / M. Sh. Mahmoud // IEEE – XXX General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science, Istanbul, Turkey, August 13–20, 2011: book of abstracts. – Turkey, 2011. – P. 340.

14–А. Пухир, Г.А. Исследование экранирующих характеристик композитов на основе различных сорбирующих компонентов / Г.А. Пухир, Н.В. Насонова, М.Ш. Махмуд, Л.М. Лыньков // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2011): материалы 21-й Междунар. Крымской конф., Севастополь, Украина, 12–16 сент. 2011 г. – Севастополь, 2011. – С. 273–274.

15–А. Pukhir, H. Investigation of the shielding properties of carbon composite EMR absorbing material at different disposition towards the source of radiation / H. Pukhir, M.Sh. Mahmood // Electromagnetic disturbances EMD 2011: proceedings of XXI International Conference on Electromagnetic Disturbances, 28–30 Sept., 2011, Białystok, Poland / Białystok University of Technology; ed.: L.K. Augustyniak. – Białystok, 2011. – P. 220–221.

16–А. Пухир, Г.А. Поглощающие электромагнитное излучение полимеры с порошковыми и жидкостными включениями / Г.А. Пухир, Н.В. Насонова, М.Ш. Махмуд // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ-2012»: материалы 7-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. 362.

17–А. Бойправ, О.В. Материалы с геометрически неоднородной поверхностью для экранирования электромагнитных излучений / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, М.Ш. Махмуд // Содружество наук. Барановичи-2012: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, Барановичи, 23–24 мая 2012 г. / БарГУ; редкол.: А.В. Никишов [и др.]. – Барановичи, 2012. – С. 106–108.

18–А. Махмуд, М.Ш. Поглотители электромагнитного излучения на основе углеродсодержащих минеральных компонентов / М.Ш. Махмуд, Е.А. Криштопова // Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI века: материалы 12-й Междунар. науч. конф., Минск, 17–18 мая 2012 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; ред.: С.П. Кундас и С.С. Позняк. – Минск, 2012. – С. 336.

19–А. Прудник, А.М. Цементно-шунгитовые растворные смеси для защиты информации от утечки по каналам ЛЭМИН / А.М. Прудник, М.Ш. Махмуд, Л.М. Лыньков // Теоретические и прикладные проблемы информационной безопасности: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21 июня 2012 г. / Академия МВД; редкол.: В.Б. Шабанов [и др.] – Минск, 2012. – С. 157–160.

20–А. Прудник, А.М. Исследования экранирующих характеристик композитов на основе цемента и шунгита / А.М. Прудник, М.Ш. Махмуд, Л.М. Лыньков // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: материалы 22-й 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. 639–640.

21–А. Пухир, Г.А. Экраны электромагнитного излучения на основе органических и минеральных компонентов для защиты различных объектов в СВЧ-диапазоне / Г.А. Пухир, Н.В. Насонова, М.Ш. Махмуд // 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. 796–797.

22–А. Бойправ, О.В. 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.

23–А. Махмуд, М.Ш. Обеспечение требований защиты информации с помощью экранирующих отделочных материалов / М.Ш. Махмуд, Г.А. Пухир, А.М. Прудник // Современные средства связи: материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 окт. 2012 г. / ВГКС; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2012. – С. 240–241.

24–А. Бойправ, О.В. Экранирующие свойства конструкций с поверхностью конфигурационного типа на основе строительных материалов / О.В. Бойправ, М.Ш. Махмуд, Л.М. Лыньков // 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. 65–67.

25–А. Пухир, Г.А. Влияние свойства материалов подложки на экранирующие характеристики композиционных материалов на основе шунгитобетона / Г.А. Пухир, М.Ш. Махмуд // 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. 88–89.

26–А. Махмуд, М.Ш. Исследование экранирующих свойств порошковых композиционных материалов на основе шунгита в широком температурном диапазоне / М.Ш. Махмуд, Г.А. Пухир // Медэлектроника – 2012. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13–14 дек. 2012 г. / БГУИР; редкол.: В.С. Улащик [и др.]. – Минск, 2012. – С. 64–65

Тезисы докладов

27–А. Махмуд, М.Ш. Поглотители электромагнитного излучение на основе минералов для защиты информации от утечки по электромагнитному каналу / М.Ш. Махмуд, Е.А. Криштопова, В.П. Примако // Милекс–2011: материалы 5-й Междунар. научн. конф. по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения, Минск, 25–26 мая 2011 г. / БелИСА; редкол.: В.Е. Кратенок [и др.]. – Минск, 2011. – С. 306–308.

28–А. Махмуд, М.Ш. Исследование стабильности физико-химических параметров экранирующих углеродсодержащих композиционных материалов / М.Ш. Махмуд, Г.А. Пухир, М. Авси // Технические средства защиты информации: тез. докл. и краткие сообщ. IX Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 28–29 июня 2011 г. / БГУИР; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2011. – С. 72.

29–А. Махмуд, М.Ш. Взаимозаменяемость компонентов композиционных материалов защитных экранов электромагнитного излучения СВЧ-диапазона / М.Ш. Махмуд, Г.А. Пухир // Технические средства защиты информации: тез. докл. и краткие сообщ. X Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 29–30 мая 2012 г. / БГУИР; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2012. – С. 70.

30–А. Махмуд, М.Ш. Оптические свойства шунгитсодержащих материалов / М.Ш. Махмуд, М.М. Авси, М.А. Аль-Хизаи, А.М. Прудник, Л.М. Лыньков // Технические средства защиты информации: тез. докл. и кратк. сообщ. X Белорус.-

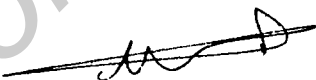
российск. науч.-техн. конф., Минск, 29–30 мая 2012 г. / БГУИР; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2012. – С. 70.

31–А. Махмуд, М.Ш. Композиционные шунгитсодержащие материалы для экранирования электромагнитного излучения / М.Ш. Махмуд, А.М. Прудник, Л.М. Лыньков // Химия и технология полимерных и композиционных материалов: сб. материалов Всероссийск. Молодежн. науч. школы, Москва, Россия, 26–28 нояб. 2012 г. / ИМЕТ РАН; редкол.: акад. Ю.В. Цветков [и др.]. – Москва, 2012. – С. 209.

32–А. Криштопова, Е.А. Радиозкранирующий бетон на основе шунгита / Е.А. Криштопова, М.Ш. Махмуд // Химия и технология полимерных и композиционных материалов: сб. материалов Всероссийск. Молодежн. науч. школы, Москва, Россия, 26–28 нояб. 2012 г. / ИМЕТ РАН; редкол.: акад. Ю.В. Цветков [и др.]. – Москва, 2012. – С. 182.

Патенты

33–А. Поглотитель энергии электромагнитного излучения: заявка на изобретение № и 2011 08 52 Респ. Беларусь, МПК Н 01 Q 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.



РЭЗЮМЭ

Махмуд Мохаммед Шакір Махмуд Экраны электрамагнітнага выпраменьвання на аснове шунгітмяшчальных матэрыялаў для пасіўных тэхнічных сродкаў абароны інфармацыі

Ключавыя словы: абарона інфармацыі, тэхнічныя каналы ўшэчкі інфармацыі, экран электрамагнітнага выпраменьвання, аптычны экран, шунгіт, алебастр, фарба.

Мэта работ: даследаванне эфектыўнасці новых канструкцый экранаў для забеспячэння інфармацыйнай бяспекі ад ушэчкі па аптычным і электрамагнітным каналах на аснове шунгітмяшчальных порашкавабразных матэрыялаў у розных в'язучых асновах.

Метады даследавання і абсталяванне: характарыстыкі паслаблення і каэфіцыента адлюстравання электрамагнітнага выпраменьвання даследаваліся ў ЗВЧ-дыяпазоне з выкарыстаннем панарамнага вымяральніка SNA 0,01-18, для вымярэння КХХН і паслаблення ў дыяпазонах 8...12 ГГц выкарыстоўваўся генератар хісткай частоты ГКЧ-61, вымярэнне тэмпературы паверхні сродкаў цеплавой абароны выконвалася на лабараторным стэндзе пры дапамозе цеплавізійнай тэхнікі, для даследавання аптычных уласцівасцяў выкарыстоўваліся гоніаметрычная ўстаноўка і спектр-полярыметр Гемма МС-09, для вымярэння ўзроўняў выпраменьванняў выкарыстоўваўся аналізатар спектру Agilent E7404.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: прапанаваныя і эксперыментальна абгрунтаваныя новыя канструкцыі экранаў электрамагнітнага выпраменьвання ў выглядзе маналітных шунгітабетонаў і пакрыццяў на плоскіх і пірамідавабразных формах, заснаваныя на ўвядзенні ў склад сумесі для іх падрыхтоўкі раствораў хларыду кальцыя, портландцементу маркі 500 і алебастру, якія дазваляюць павысіць эфектыўнасць экранавання ў дыяпазоне частот 0,7...10 ГГц, пры значным зніжэнні (да 10 разоў) кошту.

Ступень выкарыстання: вынікі дысертацыйнай работы выкарыстаныя пры распрацоўцы ахоўных экранавальных матэрыялаў і прылад на іх аснове ў НДІ Ёзброеных Сіл Рэспублікі Беларусь, а таксама ў навучальным працэсе УА «Беларускі дзяржаўны універсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі», паглынальнікі электрамагнітнага выпраменьвання на аснове шунгітбетонаў адзначаныя дыпломам II ступені з уручэннем сярэбранага медаля на конкурсе інавацыйных праектаў "Пецярбургскі тэхнічны кірмаш" у 2013 г.

Вобласць ўжывання: інфармацыйная бяспека.

РЕЗЮМЕ

Махмуд Мохаммед Шакир Махмуд Экраны электромагнитного излучения на основе шунгитсодержащих материалов для пассивных технических средств защиты информации

Ключевые слова: защита информации, технические каналы утечки информации, экран электромагнитного излучения, оптический экран, шунгит, алебастр, краска.

Цель работы: исследование эффективности новых конструкций экранов для обеспечения информационной безопасности от утечки по оптическому и электромагнитному каналам на основе шунгитсодержащих порошкообразных материалов в различных вяжущих основах.

Методы исследования и оборудование: характеристики ослабления и коэффициента отражения ЭМИ исследовались в СВЧ-диапазоне с использованием панорамного измерителя SNA 0,01-18, для измерения КСВН и ослабления в диапазонах 8...12 ГГц использовался генератор качающейся частоты ГКЧ-61, измерение температуры поверхности средств тепловой защиты выполнялось на лабораторном стенде при помощи тепловизионной техники, для исследования оптических свойств использовались гониометрическая установка и спектр-поляриметр Гемма МС-09, для измерения уровней излучений использовался анализатор спектра Agilent E7404.

Полученные результаты и их новизна: предложены и экспериментально обоснованы новые конструкции экранов электромагнитных излучений в виде монолитных шунгитобетонов и покрытий на плоских и пирамидообразных формах, основанные на введении в состав смеси для их приготовления растворов хлорида кальция, портландцемента марки 500 и алебаstra, которые позволяют повысить эффективность экранирования в диапазоне частот 0,7...10 ГГц, при значительном снижении (до 10 раз) стоимости.

Степень использования: результаты диссертационной работы использованы при разработке защитных экранирующих материалов и устройств на их основе в НИИ Вооруженных Сил Республики Беларусь, а также в учебном процессе УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», поглотители электромагнитного излучения на основе шунгитобетонов отмечены дипломом II степени с вручением серебряной медали на конкурсе инновационных проектов «Петербургская техническая ярмарка» в 2013 г.

Область применения: информационная безопасность.

SUMMARY

Mahmood Mohammed Shakir Mahmood Electromagnetic radiation shields based on schungite materials for passive technical information protection devices

Key Words: information protection, technical channels of information leakage, electromagnetic radiation shield, optical shield, schungite, alabaster, paint.

The purpose of the work: the study of the effectiveness of new shield constructions based on schungite powdered materials in a variety of binders for providing information security against leakage via optical and radio frequency channels.

Research methods and equipment: the attenuation and reflectance characteristic EMR were studied in the microwave range by using panoramic meter SNA 0,01-18, VSWR and attenuation in the range of 8...12 GHz were measured by using the sweep frequency generator, measuring of the surface temperature of the thermal protection devices was performed with laboratory bench through thermal imaging technology, for studying of the optical properties of the shields was used goniometer equipment and spectrum-polarimeter Gemma MC-09, for measuring thee levels of the electromagnetic radiation was used spectrum analyzer Agilent E7404.

The results obtained and their novelty: new electromagnetic shields constructions in the form of monolithic schungite concrete and coatings on flat and pyramidal forms, based on the introduction into the mixtures for the preparation of solutions of calcium chloride, 500 Portland cement and alabaster that will improve the effectiveness of electromagnetic shielding in the frequency range 0.7 ... 10 GHz, with a significant reduction (up to 10 times) of the cost were proposed and experimentally developed.

Extent of usage: the results of the dissertation were used in the development of protective shielding materials and devices based on them in the Research Institute of the Armed Forces of the Republic of Belarus, as well as in teaching of EE "Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics," absorbers of electromagnetic radiation based on schungite concrete were awarded II degree diploma with the award of a silver medal at the competition of innovative projects "St. Petersburg Technical Fair" in 2013.

Field of application: information security.

Научное издание

МАХМУД Мохаммед Шакир Махмуд

**ЭКРАНЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ
ШУНГИТСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПАССИВНЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

Специальность 05.13.19 – Методы и системы защиты информации,
информационная безопасность

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 09.04.2013.	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 102.

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. Бровка, 6