

Учреждение образования  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 004.353.2–026.66:661.66

**АЙАД**  
**Хишам Ашур Эль Мокхтар**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЭКРАНЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ  
УГЛЕЙ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальностям  
05.13.19 – Методы и системы защиты информации,  
информационная безопасность,  
05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников,  
материалов и приборов электронной техники

Минск 2019

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

Научный руководитель **Льньков Леонид Михайлович**, доктор технических наук, профессор, Почетный профессор учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Официальные оппоненты: **Волочко Александр Тихонович**, д.т.н., профессор, заведующий лабораторией микрокристаллических и аморфных материалов Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси»

**Барай Сергей Георгиевич**, к.т.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией керамики Государственного научного учреждения «Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа».

Оппонирующая организация учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»

Защита состоится «12» марта 2020 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, e-mail: dissovet@bsuir.by, тел. 293-89-89.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Автореферат разослан «03» февраля 2020 г.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций  
кандидат технических наук, доцент

О. В. Бойправ

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разработка средств защиты информации от утечки по каналу побочного электромагнитного излучения и наводок, а также средств, обеспечивающих снижение радиолокационной заметности наземных объектов, связана с созданием новых и совершенствованием уже используемых радиопоглощающих и радиоэкранирующих материалов и изделий на их основе (электромагнитных экранов). Чаще всего такие материалы характеризуются высокой удельной проводимостью. Они изготавливаются в виде металлических листов и сеток, тонкопленочных покрытий, дисперсных растворов, твердотельных композиционных материалов. Основным недостатком металлических листов и сеток – высокое значение коэффициента отражения электромагнитного излучения, в связи с чем такие материалы являются потенциальными источниками пассивных помех для радиоэлектронных устройств, вблизи которых они располагаются. Тонкопленочные проводящие покрытия в определенных ситуациях могут быть неудобны в эксплуатации или невозможны для применения, что связано с технологией их изготовления, в частности, с условиями их нанесения на экранируемые устройства. Использование дисперсных растворов является весьма перспективным, т. к. соотношение компонентов этих растворов, а значит, и их экранирующие свойства можно регулировать в процессе эксплуатации. Однако такие растворы, как правило, характеризуются узким диапазоном температур эксплуатации.

В связи с вышеизложенным в настоящее время для изготовления электромагнитных экранов наиболее широко применяются твердотельные композиционные материалы с проводящими наполнителями в виде волокон и/или порошков. Такие материалы представляют собой гетерогенные радиопоглощающие среды и характеризуются низкими значениями коэффициента передачи электромагнитного излучения. Композиционные материалы с наполнителями в виде порошков являются более предпочтительными для применения по сравнению с материалами с наполнителями в виде волокон. Это связано с большей технологичностью первых по сравнению со вторыми (равномерное распределение порошков по объему связующего вещества реализуется в течение менее продолжительного промежутка времени). Современные композиционные материалы с проводящими порошкообразными наполнителями (шунгит, графит, углеродные нанотрубки) характеризуются высокой ценой, что влияет на стоимость мер по защите информации, реализуемых с использованием изделий на основе таких материалов. В связи с этим актуальным представляется поиск недорогостоящих проводящих порошкообразных материалов для создания технических средств защиты информации от утечки по каналу побочного электромагнитного излучения и наводок, а также средств, обеспечивающих снижение радиолокационной заметности наземных объектов.

## **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» № 622-о от 31.12.2015 г. и соответствует подразделам 5 «Информатика и космические исследования» и 8 «Многофункциональные материалы и технологии» приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 12.03.2015 № 190.

### **Цель и задачи исследования**

Цель диссертационной работы состоит в установлении закономерностей взаимодействия электромагнитного излучения с композиционными материалами на основе порошкообразных древесных углей (березовый древесный уголь, активированные древесный и кокосовый угли) с различными модифицирующими добавками и разработке новых конструкций электромагнитных экранов для пассивных технических средств защиты информации.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить анализ литературных источников и патентной информации о взаимодействии электромагнитного излучения с углеродосодержащими материалами и конструкциями электромагнитных экранов на их основе. Обосновать выбор порошкообразных древесных углей в качестве материала для создания электромагнитных экранов.

2. Исследовать проводимость композиционных материалов на основе порошкообразных древесных углей различных типов и дополнительно вводимых в их состав водных растворов и установить частотные зависимости коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения таких материалов.

3. Разработать методику формирования металлосодержащих покрытий никеля и меди на поверхности активированного угля и исследовать их влияние на закономерности взаимодействия активированного угля с электромагнитным излучением.

4. Разработать технологию создания покрытий на основе порошкообразных древесных углей в смеси с различными модифицирующими добавками (огнезащитная краска, клей) для изготовления низкостоимостных электромагнитных экранов.

## Научная новизна

1. Установлено снижение с  $-3,0$  до  $-8$  дБ значений коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот  $0,7-17,0$  ГГц размещенной на металлической подложке комбинированной огнестойкой конструкции электромагнитного экрана на основе порошкообразных активированного угля и диоксида титана, закрепленных в огнестойкой краске и нанесенных на поверхность фрагментов углеродосодержащей ткани. Показано, что термообработка такого экрана при температуре  $1400$  °С приводит к увеличению в среднем на  $10$  % значений его коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот  $0,7-17,0$  ГГц при незначительном изменении коэффициента передачи, что обусловлено уменьшением содержания углеродных компонентов в его составе и формированию на его поверхности слоя на основе рутила.

2. Получены частотные зависимости удельной проводимости материалов на основе порошкообразных активированного, древесного и кокосового углей, значения которых соответственно составляют  $10^{-7}-10^{-5}$  См/м,  $0,1-0,4$  См/м,  $0,01$  См/м, и установлено возрастание этих значений до величин  $1,0-10,0$  См/м,  $5,0-25,0$  См/м,  $5,0-75,0$  См/м после пропитки указанных порошкообразных материалов водным раствором, что обуславливает снижение до  $-20,0$  дБ значений коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот  $0,7-17,0$  ГГц размещенных на металлических подложках электромагнитных экранов на основе указанных порошкообразных материалов.

3. Установлено снижение с  $-2,0$  до  $-12,0$  дБ значений коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот  $8,0-12,0$  ГГц порошкообразного активированного угля в результате химического осаждения на его поверхность из водных растворов никеля и меди за счет формирования в составе такого материала до  $20,0$  масс. % никельсодержащих и до  $10,0$  масс. % медьсодержащих соединений.

## Положения, выносимые на защиту

1. Снижение с  $-3,0$  до  $-8,0$  дБ значений коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот  $0,7-17,0$  ГГц новых конструкций электромагнитных экранов в виде нанесенных на металлические подложки покрытий на основе порошкообразного древесного угля, введенного в огнестойкую краску, за счет добавления в нее  $25$  масс. % порошкообразного диоксида титана, что позволяет рекомендовать использование таких экранов для создания трудновоспламеняемых низкостоимостных элементов заграждающих конструкций экранированных помещений.

2. Новая конструкция электромагнитного экрана, выполненная на основе водосодержащих порошкообразных активированного, древесного и кокосового углей, характеризующихся соответственно значениями удельной проводимости  $10^{-7}$ – $10^{-5}$  См/м, 0,1–0,4 См/м, 0,01 См/м и размещенных между слоями пористых органических пластин и полиэтиленовых сетчатых материалов (для механического удержания порошкообразных материалов по всей поверхности конструкции), что позволяет рекомендовать использовать ее в качестве технических средств защиты информации, обеспечивающих снижение с 8 до 5 м радиуса контролируемой зоны побочного электромагнитного излучения средств вычислительной техники.

3. Технология создания металл-углеродных порошковых композитов методом химического осаждения из водных растворов хлорида и сульфата никеля и сульфата меди на порошкообразный активированный уголь, у которых содержание никеля и компонентов на его основе достигает 20,0 масс. %, а компонентов на основе меди – 10,0 масс. %, что обуславливает значения коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 8,0–12,0 ГГц таких композитов от –8,0 до –12,0 дБ, что на 6,0–10,0 дБ ниже, чем значения коэффициента отражения порошкообразного активированного угля.

### **Личный вклад соискателя ученой степени**

Все основные результаты, изложенные в диссертационной работе, получены соискателем самостоятельно. В совместно опубликованных работах автору принадлежат определение целей и постановка задач исследования, разработка методик создания конструкций экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразного древесного угля, проведение исследований экранирующих характеристик, выполнение рентгенодифракционного анализа, а также обработка, анализ и интерпретация полученных результатов, формулировка выводов.

Основными соавторами опубликованных работ являются научный руководитель доктор технических наук Л. М. Лыньков, кандидат технических наук, доцент Т. А. Пулко, кандидат технических наук, доцент О. В. Бойправ, которые принимали участие в определении целей и задач исследований, интерпретации и обобщении полученных результатов. С доктором физико-математических наук, профессором В. А. Богушем обсуждались методики изготовления образцов электромагнитных экранов. Совместно с кандидатом технических наук, доцентом Е. С. Белоусовой, кандидатом технических наук, доцентом А. М. Прудником, аспирантами А. М. А. Мохамедом, Х. Д. А. Абдулхади, Л. Л. Ганьковым, Д. И. Пеньялоса Овальес, магистрантами Р. К. Л. Лафта, В. М. Мулугетой, студентом В. А. Беланом разрабатывались образцы электромагнитных экранов. Результаты, полученные без вклада соискателя, в работу не вошли.

## **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

Основные положения и результаты диссертации обсуждались на XXI, XXII и XXIV научно-практических конференциях «Комплексная защита информации» (Смоленск, 2016; Новополоцк, 2017; Витебск, 2019), XIII, XIV международных научно-практических конференциях «Управление информационными ресурсами» (Минск, 2016, 2017), XIV, XV и XVII Белорусско-российских научно-технических конференциях «Технические средства защиты информации» (Минск, 2016, 2017, 2019), XII Международной конференции «Взаимодействие излучений с твердым телом» (Минск, 2017), VI Международном симпозиуме «Пористые проницаемые материалы: технологии и изделия на их основе» (Минск, 2017).

## **Опубликование результатов диссертации**

Материалы по теме диссертации опубликованы в 20 научных работах (3,6 авторского листа), соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, включая 1 монографию, 6 статей в рецензируемых научных журналах, 1 статью в отраслевом журнале в соавторстве. Автору принадлежит 1,5 авторского листа. Опубликовано 7 статей в сборниках материалов конференций, семинаров, 5 тезисов докладов в сборниках тезисов докладов конференций и семинаров.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и трех приложений.

Общий объем диссертационной работы составляет 116 страниц, из них 54 страницы основного текста, 71 рисунок на 43 страницах, 6 таблиц на 3 страницах, библиографический список из 121 источника, включая 20 собственных публикаций автора, на 13 страницах, три приложения на 3 страницах.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В первой главе на основании анализа литературных данных и патентных источников показано, что электромагнитные экраны на современном уровне развития науки и техники находят все большее потребление для решения проблем обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности человека.

Они широко применяются в космической сфере, радиоэлектронике, физико-технических и специализированных системах обеспечения информационной безопасности.

Основными компонентами, входящими в современные конструкции электромагнитных экранов, являются самые различные материалы и композиты на их основе. Углеродосодержащие композиты на данном этапе представляются достаточно широко исследованными в части их взаимодействия с электромагнитным излучением в различных диапазонах длин волн. Современные технологии порошковой металлургии используются для создания электромагнитных экранов на основе технического углерода, графита, шунгита. На их основе и с использованием углеродосодержащих волокон созданы промышленные образцы полотен и углепластиков на их основе. Данные материалы характеризуются временной стабильностью их частотных характеристик, возможностью их изготовления в гибком или жестком основании.

Показано, что весьма перспективным является поиск и исследование новых порошковых материалов для электромагнитных экранов. К таким мало исследованным для данной сферы материалам относятся высокопористые древесные угли, характеризующиеся низкой стоимостью. Основными видами таких углей являются древесный и активированный.

В связи с этим для разработки новых композиционных материалов с использованием порошков древесного угля, характеризующихся экранирующими свойствами, необходимо проведение комплекса исследований:

1. Изучить влияние водосодержащей пропитки порошков древесных углей с различным размером пористой основы, а также других наполнителей на характер зависимости коэффициентов отражения и передачи ЭМИ, электропроводности и разработать технологию создания новых конструкций экранов на их основе.

2. Разработать новые металл-углеродные композиты на основе порошков древесного угля и химического осаждения металлических покрытий на их поверхность. Исследовать состав таких покрытий методом рентгеноскопии и установить зависимости коэффициентов отражения и передачи в частотном диапазоне 8–12 ГГц.

3. Разработать базовые конструкции электромагнитных экранов модульного типа для различных применений в технических средствах защиты информации на основе композиционных материалов, содержащих порошки древесных углей различного состава и с различными наполнителями

Во второй главе представлено обоснование использования порошков на основе древесных углей в качестве основы электромагнитных экранов. Для исследований выбраны порошки древесного угля на основе листовых

пород (береза), активированные угли на основе древесины и скорлупы кокосового ореха, которые характеризуются различной пористостью. Представлены методики, использованные в ходе проведения экспериментов. Анализ химического состава порошкообразных углесодержащих материалов проведен путем автоматизированной обработки их дифрактограмм с помощью программы для идентификации рентгенодифракционных максимумов веществ «Crystal Impact MATCH! v. 1.11».

Оценка удельной проводимости порошкообразных углесодержащих материалов проведена с использованием инструментально-расчетного метода, базирующегося на определении сопротивления таких материалов, помещенных в ячейки, с помощью измерителя иммитанса E7-20 и дальнейшем вычислении искомого параметра на основе результатов измерений и величин, характеризующих геометрические размеры ячеек.

Определение значений коэффициентов передачи и отражения ЭМИ в диапазоне частот 8–12 ГГц образцов электромагнитных экранов на основе порошкообразных углесодержащих материалов проведено с помощью панорамного измерителя ослабления и КСВН Я2Р–67 с ГКЧ–61 и волноводного тракта, обеспечивающего выделение и детектирование уровней падающей, отраженной и прошедшей электромагнитных волн. Определение значений указанных параметров в диапазоне частот 0,7–17 ГГц предложено проводить с применением панорамного измерителя коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01–18, в состав которого входят генератор качающейся частоты, блок обработки измерительных сигналов, передающая и приемная рупорные антенны П6-23М, блоки направленных ответвителей, предназначенные для выделения и детектирования падающей, отраженной и прошедшей электромагнитных волн.

Использованная методика исследования процесса взаимодействия элементов конструкций электромагнитных экранов с открытым пламенем основана на использовании портативной газовоздушной технической горелки ПАЛИР («EUROGAS»), тепловизора ИРТИС–2000 СН. С использованием указанной методики можно определить, к какому типу относится материал, на основе которого изготовлен элемент конструкции электромагнитного экрана: горючий, трудногорючий или трудновоспламеняемый.

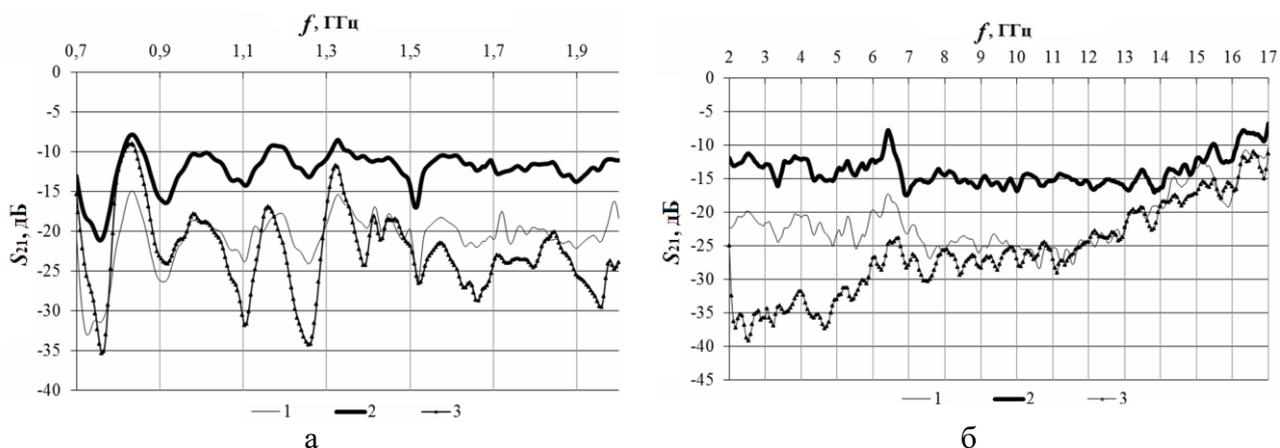
Исследование влияния электромагнитных экранов на основе порошкообразных углесодержащих материалов на величину радиуса контролируемой зоны ПЭМИ средств вычислительной техники проведено на основе результатов измерений следующих параметров при определенных условиях: значения напряженности ПЭМИ системного блока персонального компьютера, расположенного в неэкранированном помещении; значения напряженности электромагнитного фона в указанном помещении; значения

напряженности ПЭМИ системного блока персонального компьютера, экранированного посредством электромагнитного экрана на его основе порошкообразного углесодержащего материала.

В третьей главе представлены результаты исследования коэффициентов передачи и отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц порошкообразного древесного угля с размером частиц до 0,7 мм, помещенного в лист сотового поликарбоната размером 0,3×0,4 м<sup>2</sup> и толщиной 8 мм. Показано, что он характеризуется значениями коэффициента передачи ЭМИ, изменяющимися в пределах от –1 до –4 дБ, и резонансным снижением коэффициента отражения с –3 до –12 дБ в диапазоне частот 9–12 ГГц (при измерениях с использованием металлического отражателя). Показано, что для массива в виде частиц древесного угля (береза), характеризующихся размером 2–3 см и размещаемых на плоской поверхности, значение коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 6–17 дБ – от –6 до –12 дБ (при измерениях с использованием металлического отражателя).

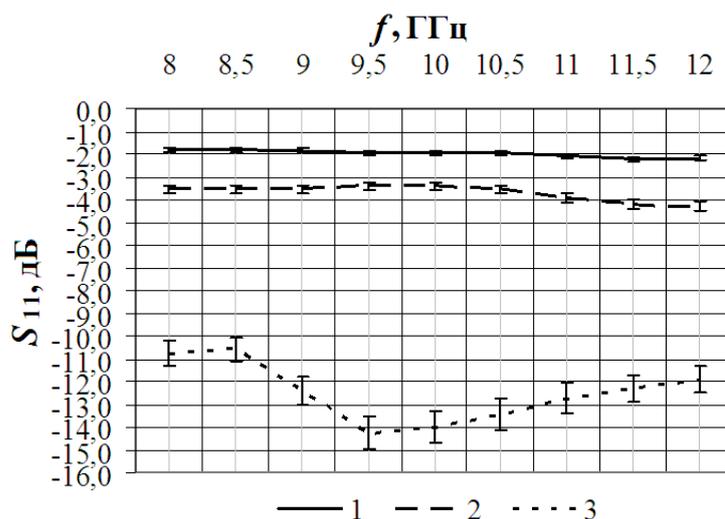
Приведены результаты исследования влияния пропитки водным раствором хлорида кальция порошкообразного древесного угля на его значения коэффициентов передачи и отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц. На основе результатов такого исследования разработана новая методика создания гибких конструкций экранов ЭМИ, которая базируется на использовании вспененного пенополиуретана как основы для нанесения влагосодержащего порошкообразного угля, полиэтиленовой сетки как армирующего элемента, лавсан-полиэтиленовой пленки как герметика. Показано, что значения коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц гибких электромагнитных экранов на основе влагосодержащего порошкообразного древесного угля характеризуются равномерным снижением от –35 до –15 дБ (рисунок 1). Значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц таких экранов изменяются в пределах от –4 до –12 дБ (при измерениях с использованием металлического отражателя).

Разработаны и апробированы методики осаждения частиц меди и никеля на поверхность порошкообразного активированного угля, базирующиеся на использовании водных растворов на основе сульфата меди, хлорида никеля или сульфата никеля. С использованием рентгеноструктурного анализа установлена возможность формирования в составе порошкообразного активированного угля как меди (до 1,9 масс. %) и никеля (до 0,4 масс. %), так и медьсодержащих (до 10,8 масс. %) и никельсодержащих (до 14,1 масс. %) соединений. Показана возможность снижения значений коэффициента отражения ЭМИ (при измерениях с использованием металлического отражателя) в диапазоне частот 8–12 ГГц от –2 до –14 дБ порошкообразного активированного угля в результате осаждения на его поверхность частиц меди и никеля в соответствии с разработанными методиками (рисунок 2).



1 – образец на основе активированного угля; 2 – образец на основе древесного угля;  
3 – образец на основе кокосового угля

**Рисунок 1. – Частотные зависимости коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне 0,7–2 ГГц (а) и 2–17 ГГц (б) образцов электромагнитных экранов на основе влагосодержащих порошкообразных древесных углей**



1 – образец на основе порошкообразного активированного угля; 2 – образец на основе порошкообразного активированного угля, состав которого модифицирован с помощью водного раствора на основе хлорида никеля; 3 – образец на основе порошкообразного активированного угля, состав которого модифицирован с помощью водного раствора на основе сульфата никеля

**Рисунок 2. – Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 8...12 ГГц исследованных образцов, размещенных на металлических отражателях**

В четвертой главе рассмотрены методики разработки и свойства электромагнитных экранов на основе порошкообразных древесных углей. Для формирования композиционных материалов на основе порошкообразного древесного угля предложено применять водно-дисперсионный состав «Агнитерм», глицерин и поливинилацетатный клей. Установлено, что конструкции электромагнитных экранов с плоской поверхностью

и с покрытиями из материалов на основе порошкообразного древесного угля и водно-дисперсионного состава «Агнитерм» (толщина покрытия – 0,2 см) характеризуются значениями коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц, изменяющимися в пределах от –1 до –4 дБ (при размещении рассматриваемых экранов на металлических отражателях). Использование в таких экранах покрытий с глицериновым связующим или связующим на основе поливинилацетатного клея обуславливает снижение с –4 до –14 дБ значений их коэффициента отражения ЭМИ в указанном диапазоне частот. Дополнительное снижение с –14 до –25 дБ значений коэффициента отражения ЭМИ экранов на основе порошкообразного древесного угля, глицеринового или поливинилацетатного связующего может быть обеспечено путем изменения формы поверхности таких экранов.

Получены и исследованы трудновоспламеняемые электромагнитные экраны на основе порошкообразных древесных углей. Трудновоспламеняемость этих экранов обусловлена тем, что под воздействием пламени в их составе формируется рутил (керамика). Установлено, что значения коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц таких экранов изменяются в пределах от –15 до –40 дБ. Значения коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–2 ГГц экранов на основе порошкообразного активированного угля изменяются в пределах от –1 до –2 дБ (при измерениях с использованием металлического отражателя), а экранов на основе порошкообразного древесного угля – от –2 до –14 дБ. В диапазоне частот 2–6 ГГц и 6–7 ГГц значения коэффициента отражения ЭМИ экранов на основе порошкообразного активированного угля характеризуются резонансным снижением с –2 до –20 и –14 дБ соответственно. Резонансное снижение с –3 до –13 дБ характерно для значений коэффициента отражения ЭМИ электромагнитных экранов на основе порошкообразного древесного угля в диапазонах частот 7–10 ГГц, 14–16 ГГц.

Предложена новая методика формирования гибких конструкций электромагнитных экранов на основе порошкообразных углесодержащих материалов. Она включает в себя следующие этапы.

*Этап 1.* Заполнение порошкообразным углесодержащим материалом полиэтиленовых пакетов с застежкой, размер которых составляет 5×5 см.

*Этап 2.* Закрепление фрагментов двусторонней клейкой ленты на поверхности полотна лавсан-полиэтиленовой термопленки в соответствии с определенной схемой.

*Этап 3.* Закрепление полиэтиленовых пакетов, заполненных порошкообразным углесодержащим материалом, на поверхности полотна лавсан-полиэтиленовой термопленки путем их расположения на фрагментах двусторонней клейкой ленты.

*Этап 4.* Расположение поверх полиэтиленовых пакетов полотна лавсан-полиэтиленовой термопленки.

*Этап 5.* Соединение полотна лавсан-полиэтиленовой термопленки, на котором закреплены полиэтиленовые пакеты, заполненные порошкообразным материалом, с полотном лавсан-полиэтиленовой термопленки, расположенным поверх этих пакетов, путем их запаивания по условным продольным параллельным и поперечным параллельным линиям. Эти условные линии располагаются между рядами из полиэтиленовых пакетов, заполненных порошкообразным углесодержащим материалом.

Установлено, что масса 1 м<sup>2</sup> гибких конструкций электромагнитных экранов, изготовленных в соответствии с предложенной методикой, составляет не более 1,2 кг (в зависимости от типа использованного порошкообразного углесодержащего материала).

Предложена методика изготовления гибких панелей на основе смеси порошкообразных древесного угля и диоксида титана для электромагнитной защиты помещений. Она включает в себя следующие этапы:

*Этап 1.* Раскрой полиэфирного углеродосодержащего полотна и полиэтиленовой сетки на фрагменты по шаблонам (лекалам).

*Этап 2.* Нарезка алюминиевой пленки на фрагменты, длина и ширина которых не превышают 1 см.

*Этап 3.* Изготовление водного раствора CaCl<sub>2</sub> с концентрацией 45 масс. %.

*Этап 4.* Смешивание порошкообразных древесного угля и диоксида титана в объемном соотношении 1:1.

*Этап 5.* Пропитывание изготовленным водным раствором смеси порошкообразных древесного угля и диоксида титана.

*Этап 6.* Размещение фрагмента полиэтиленовой сетки на фрагменте пенополиуретановой пластины.

*Этап 7.* Нанесение влагосодержащей смеси порошкообразных древесного угля и диоксида титана на фрагмент полиэтиленовой сетки, размещенный на фрагменте пенополиуретановой пластины. Толщина слоя нанесенного материала – не более 1 см.

*Этап 8.* Равномерное распределение фрагментов алюминиевой пленки, полученных в результате реализации этапа 2, по поверхности слоя из смеси порошкообразных древесного угля и диоксида титана.

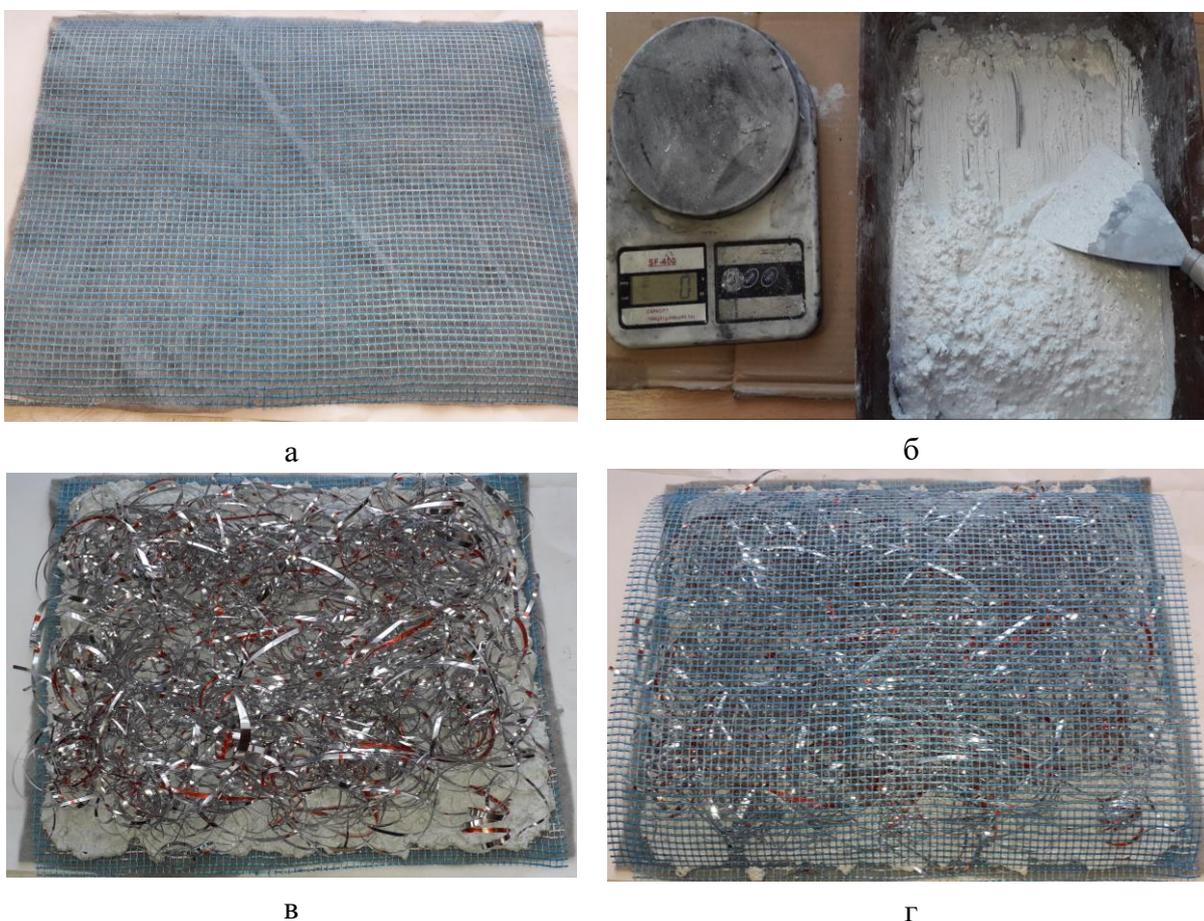
*Этап 9.* Размещение фрагмента полиэтиленовой сетки на слое из влагосодержащей смеси порошкообразных древесного угля и диоксида титана.

*Этап 10.* Размещение фрагмента пенополиуретановой пластины поверх фрагмента полиэтиленовой сетки.

*Этап 11.* Герметизация полученной конструкции посредством полиэтилентерефталатной термопленки с использованием метода запаивания.

Принципиально новым в предложенных методиках является использование полиэтиленовых сеток для удержания в конструкции электромагнитного экрана влагосодержащего порошкообразного материала, имеющего пастообразную консистенцию. Применение фрагментов алюминиевой пленки для изготовления гибких панелей способствует снижению значений их коэффициента передачи ЭМИ, а значит, повышению эффективности экранирования.

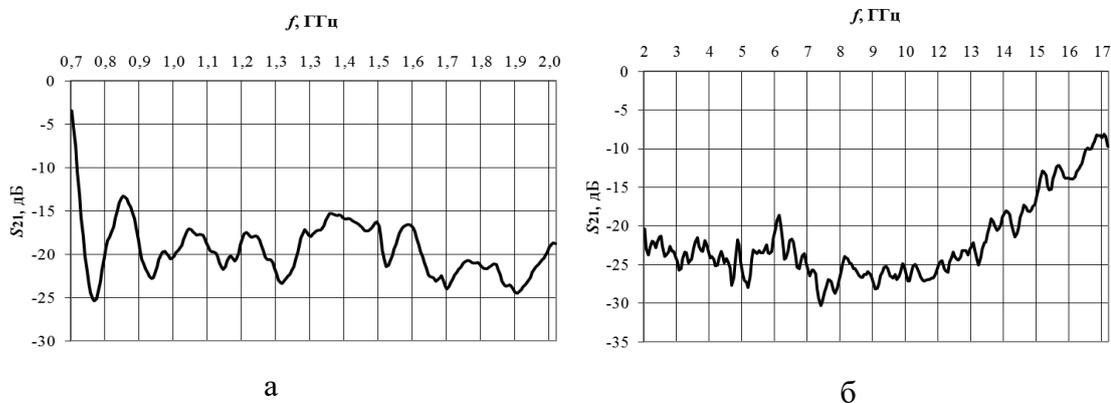
На рисунке 3 представлен внешний вид изготавливаемой согласно предложенной методике гибкой конструкции электромагнитного экрана.



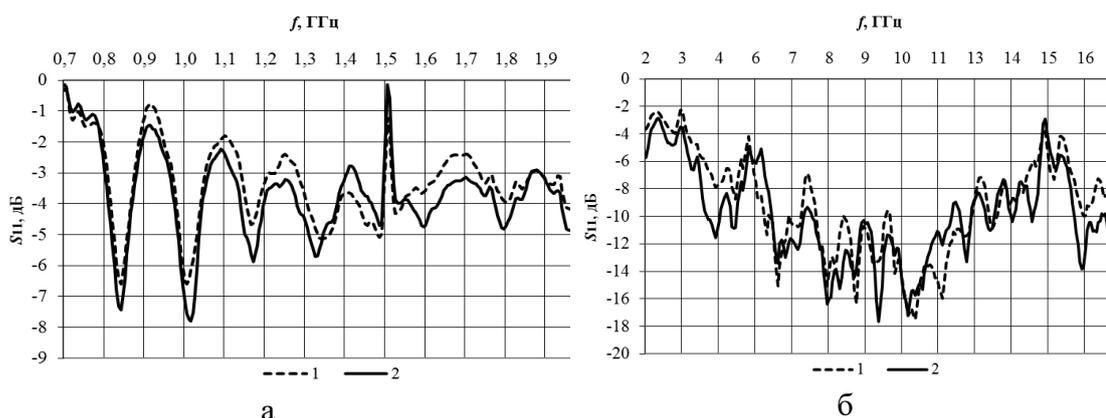
**а** – фрагмент полиэтиленовой сетки, расположенный поверх фрагмента полиэфирного углеродосодержащего полотна; **б** – внешний вид влагосодержащей смеси порошкообразных древесного угля и диоксида титана; **в** – фрагменты алюминиевой пленки, распределенные по поверхности влагосодержащей смеси порошкообразных древесного угля и диоксида титана; **г** – фрагмент полиэтиленовой сетки, размещенной поверх фрагментов алюминиевой пленки

**Рисунок 3.** – Внешний вид изготавливаемой согласно предложенной методике гибкой конструкции электромагнитного экрана

Установлено, что значения коэффициентов передачи и отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц конструкций электромагнитных экранов, изготовленных в соответствии с предложенными методиками, изменяются соответственно в пределах от –2 до –30 дБ и –2 до –14 дБ (рисунки 4, 5).



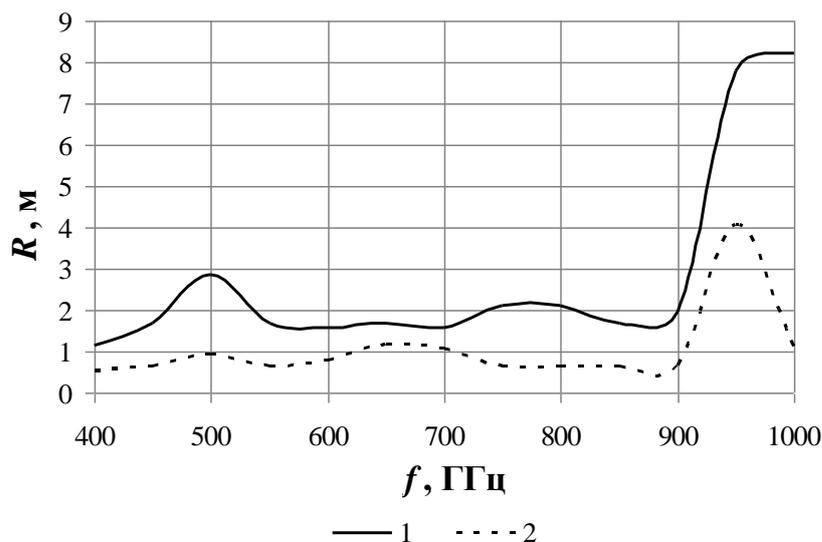
**Рисунок 4. – Частотные зависимости коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне 0,7–2 ГГц (а) и 2–17 ГГц (б) образца гибкой панели на основе влагосодержащего порошкообразного древесного угля**



**1 – частотная зависимость получена на основе результатов измерений, проведенных с использованием согласованной нагрузки; 2 – частотная зависимость получена на основе результатов измерений, проведенных с использованием металлического отражателя**

**Рисунок 5. – Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 0,7–2 ГГц (а) и 2–17 ГГц (б) образца гибкой панели на основе влагосодержащего порошкообразного древесного угля**

Показано также, что конструкции электромагнитных экранов, изготовленные в соответствии с предложенными методиками, обеспечивают снижение, как минимум, в 2 раза (с 8 до 4 м) радиуса контролируемой зоны побочного электромагнитного излучения средств вычислительной техники, что наглядно продемонстрировано на графической зависимости, представленной на рисунке б.



**1 – средство вычислительной техники не экранировано; 2 – средство вычислительной техники экранировано с помощью гибкой конструкции электромагнитного экрана на основе порошкообразного древесного угля**

**Рисунок 6. – Частотные зависимости радиуса контролируемой зоны побочного электромагнитного излучения средства вычислительной техники**

Показана возможность снижения на 5–7 дБ величин коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17,0 ГГц конструкций электромагнитных экранов, изготовленных в соответствии с предложенными методиками, в результате добавления в их состав порошкообразных магнитных или углеродных материалов.

В приложениях представлены копии актов, подтверждающих практическое использование результатов диссертационной работы, и копия титульного лист технологической инструкции на изготовление базовой конструкции электромагнитных экранов модульного типа для защиты человека от ЭМИ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Впервые предложено использование порошкообразных древесных углей, характеризующихся различной пористостью, для создания электромагнитных экранов. Получены значения удельной проводимости древесного, активированного и кокосового углей в зависимости от частоты взаимодействующего с ними электромагнитного излучения. Установлено, что с увеличением частоты значения указанного параметра у древесного и активированного углей возрастают соответственно в следующих пределах: 0,1–0,4 См/м,  $10^{-7}$ – $10^{-5}$  См/м. У порошкообразного кокосового угля независимо от частоты значение указанного параметра составляет 0,01 См/м. Установлено, что значения коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц и значения коэффициента отражения ЭМИ (при измерениях с использованием металлических отражателей) в диапазоне частот 0,7–6 ГГц экранов на основе порошкообразных углесодержащих материалов изменяются в пределах от –1 до –6 дБ. В диапазоне частот 6–17 ГГц значения коэффициента отражения ЭМИ этих экранов характеризуются резонансным снижением (до –12 дБ). Показана возможность снижения на 2–10 дБ значений коэффициентов отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц электромагнитных экранов на основе порошкообразных углесодержащих материалов за счет введения в последние водного раствора  $\text{CaCl}_2$  с концентрацией 30 масс. %, что приводит к увеличению в  $10^2$ ... $10^6$  раз значений их удельной проводимости [1, 2, 3, 15, 18, 19, 20].

2. Разработаны и апробированы методики синтеза металл-углеродных композитов на основе порошкообразного активированного угля, основанные на химическом осаждении на поверхность последних частиц никеля и меди. Химическое осаждение частиц никеля базируется на использовании водного раствора на основе хлорида никеля или сульфата никеля, осаждение частиц меди – на использовании водного раствора на основе сульфата меди. С использованием рентгеноструктурного анализа установлена возможность формирования никеля (до 0,4 % масс.) и никельсодержащих соединений (до 20,5 масс. %) или меди (до 1,9 масс. %) и медьсодержащих соединений (10,8 % масс.) в составе порошкообразного активированного угля в результате реализации осаждения на его поверхность металлических частиц в соответствии с разработанными методиками. Экспериментально установлено снижение от –2 до –14 дБ значений коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне

частот 8–12 ГГц (при измерениях с использованием металлических отражателей) порошкообразного активированного угля в результате осаждения на его поверхность частиц никеля или меди в соответствии с разработанными методиками [1, 5, 7, 10].

3. Предложены электромагнитные экраны с композиционными покрытиями на основе порошкообразного древесного угля и трудновоспламеняемые электромагнитные экраны на основе покрытий углесодержащих материалов, характеризующиеся значениями коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц от –4 до –20 дБ (при измерениях с использованием металлических отражателей), которые могут быть использованы в целях снижения энергии стоячих электромагнитных волн, которые могут возникать в помещениях, экранированных посредством металлических материалов [2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Гибкие электромагнитные экраны на основе влагосодержащего древесного угля, характеризующиеся значениями коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц от –5 до –25 дБ (при измерениях с использованием металлических отражателей) могут быть использованы для изготовления укывных конструкций, предназначенных для снижения радиолокационной заметности наземных объектов [3, 17].

2. Гибкие панели на основе порошкообразных углесодержащих и магнитных материалов, характеризующиеся значениями коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 0,7–17 ГГц от –5 до –30 дБ, предложено использовать в системах архитектурного электромагнитного экранирования, применяемых для снижения радиуса контролируемой зоны побочного электромагнитного излучения средств вычислительной техники [3, 16].

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

### Монография

1. Айад, Хишам Ашур Эль Мокхтар. Порошкообразные углесодержащие материалы для электромагнитных экранов / Хишам Ашур Эль Мокхтар Айад, О. В. Бойправ, Л. М. Лыньков ; под ред. Л. М. Лынькова. – Минск: Бестпринт, 2019. – 102 с.

### Статьи в научных журналах

2. Айад, Х. А. Э. Влияние состава композиционных покрытий на основе порошкообразного древесного угля на экранирование электромагнитных излучений / Х. А. Э. Айад, Е. С. Белоусова, Т. А. Пулко // Доклады БГУИР. – 2016. – № 3 (97). – С. 89–94.

3. Гибкие конструкции защитных экранов электромагнитного излучения на основе углеродсодержащих порошковых наполнителей / Т. А. Пулко, Х. А. Э. Айад, А. М. Мохамед, Л. М. Лыньков // Доклады БГУИР. – 2016. – № 7 (101). – С. 132–135.

4. Характеристики отражения и передачи электромагнитного излучения трудновоспламеняемых экранов на основе углеродсодержащих материалов / О. В. Бойправ, Т. А. Пулко, Л. М. Лыньков, Х. А. Э. Айад, А. М. А. Мохамед, Л. Л. Ганьков // Доклады БГУИР. – 2017. – № 6 (108). – С. 63–68.

5. Boiprav, O. V. Electromagnetic radiation shielding properties of copper containing activated carbon / O. V. Boiprav, H. A. E. Ayad, L. M. Lynkou // Doklady BGUIR. – 2019. – Vol. 1 (119). – P. 51–55.

6. Исследование характеристик отражения и передачи электромагнитного излучения гибких многослойных экранов на основе проводящих материалов / О. В. Бойправ, Л. М. Лыньков, Д. И. Пеньялоса Овальес, Х. А. Э. Айад // Журнал радиоэлектроники [Электронный ресурс]. – 2019. – № 4. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/apr19/5/text.pdf>. – Дата доступа: 03.09.2019.

7. Бойправ, О. В. Радиоэкранирующие свойства никельсодержащего активированного угля / О. В. Бойправ, Х. А. Э. Айад, Л. М. Лыньков // Письма в ЖТФ. – 2019. – № 12. – С. 52–54.

### Статьи в отраслевых журналах

8. Мохамед, А. М. А. Насыпные композиты на основе углеродсодержащих порошкообразных материалов для электромагнитного экранирования / А. М. А. Мохамед, Т. А. Пулко, Х. А. Э. Айад // Научно-практическое приложение «Нефтехимический комплекс» к производственному научно-практическому отраслевому журналу «Вестник Белнефтехима». – 2017. – № 1 (16). – С. 19–20.

## Статьи в сборниках и материалах конференций

9. Панели электромагнитной защиты помещений на основе технического углерода и древесного угля на целлюлозе пирамидальной формы / Х. А. Э. Айад, А. М. А. Мохамед, Т. А. Пулко, Л. М. Лыньков // Комплексная защита информации : материалы XXI науч.-практ. конф., Смоленск, 17–19 мая 2016 г. / редкол. : А. Н. Курбацкий [и др.]. – Смоленск, 2016 – С. 138–141.

10. Модификация порошкообразного активированного угля для конструкций электромагнитных экранов / Х. А. Э. Айад, О. В. Бойправ, Л. М. Лыньков, В. А. Белан // Управление информационными ресурсами : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 9 декабря 2016 г. / Академия управления при Президенте Респ. Беларусь / редкол. : А. В. Ивановский [и др.]. – Минск, 2016. – С. 174–175.

11. Облегченные конструкции экранов электромагнитного излучения на основе углеродсодержащих наполнителей / Т. А. Пулко, Х. А. Э. Айад, А. М. А. Мохамед, Л. М. Лыньков // Управление информационными ресурсами : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 9 декабря 2016 г. / Академия управления при Президенте Респ. Беларусь / редкол. : А. В. Ивановский [и др.]. – Минск, 2016. – С. 201–202.

12. Широкоформатные углеродсодержащие экраны электромагнитного излучения / Л. М. Лыньков, Т. А. Пулко, Х. А. Э. Айад, А. М. А. Мохамед // Комплексная защита информации : материалы XXII науч.-практ. конф., Новополоцк, 16–19 мая 2017 г. / редкол. : А. Н. Курбацкий [и др.]. – Новополоцк, 2017. – С. 84–86.

13. Модифицирование иглопробивного полотна для создания пожаробезопасных экранов электромагнитного излучения / Х. Д. А. Абдулхади, Х. А. Э. Айад, Т. А. Пулко, А. М. Прудник, Л. М. Лыньков // Взаимодействие излучений с твердым телом : материалы XII Междунар. конф., Минск, 19–22 сентября 2017 г. / редкол. : А. Н. Курбацкий [и др.]. – Минск, 2017. – С. 196–197.

14. Технология получения проницаемых углеродсодержащих материалов для огнестойких экранов электромагнитного излучения / Х. А. Э. Айад, А. М. А. Мохамед, О. В. Бойправ, Т. А. Пулко, А. М. Прудник // Пористые проницаемые материалы: технологии и изделия на их основе: материалы 6-го Междунар. симпозиума, Минск, 19–20 октября 2017 г. / редкол. : П. А. Витязь [и др.]. – Минск, 2017. – С. 281–286.

15. Бойправ, О. В. Многослойные гибкие конструкции электромагнитных экранов на основе углеродсодержащих и магнитных материалов / О. В. Бойправ, Л. М. Лыньков, Х. А. Э. Айад / Комплексная защита информации : материалы XXIV науч.-практ. конф., Витебск, 21–23 мая 2019 г. / редкол. : В. А. Коняевский [и др.]. – Витебск, 2019. – С. 278–281.

**Тезисы докладов**

16. Древесный уголь для создания экранов электромагнитного излучения / Е. С. Белоусова, Л. М. Лыньков, Х. А. Айад, Р. К. Л. Лафта // Технические средства защиты информации : тез. докл. XIII Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск, 4–5 мая 2015 г. / редкол. : Л. М. Лыньков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2015. – С 57–58.

17. Айад, Х. А. Э. Гибкие экранирующие модули с ячеистой структурой на основе древесного угля мелкой фракции / Х. А. Э. Айад, Т. А. Пулко, Р. К. Л. Лафта // Технические средства защиты информации : тез. докл. XIV Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск, 25–26 мая 2016 г. / редкол. : Л. М. Лыньков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 45–46.

18. Радиопоглощающие материалы на основе порошков диоксида титана и технического углерода / В. М. Мулугета, Х. А. Э. Айад, А. М. А. Мохаммед, В. А. Богущ // Технические средства защиты информации : тез. докл. XIV Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск, 25–26 мая 2016 г. / редкол. : Л. М. Лыньков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2016. – С. 63.

19. Углеродсодержащие экраны электромагнитного излучения / Л. М. Лыньков, Х. А. Э. Айад, А. М. А. Мохаммед., Т. А. Пулко // Технические средства защиты информации : тез. докл. XV Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск, 6 июня 2017 г. / редкол. : Т. В. Борботько [и др.]. – Минск, БГУИР, 2017. – С. 93.

20. Айад, Х. А. Э. Углесодержащие электромагнитные экраны для систем защиты информации / Х. А. Э. Айад, О. В. Бойправ, Л. М. Лыньков // Технические средства защиты информации : тез. докл. XVII Белорусско-российской науч.-техн. конф. Минск, 11 июня 2019 г. ; редкол. : Т. В. Борботько [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 12.



## РЭЗІЮМЭ

Айад Хішам Ашур Эль Мокхтар

### Электрамагнітныя экраны на аснове драўняных вуглёў для тэхнічных сродкаў абароны інфармацыі

**Ключавыя словы:** драўняны вугаль, кампазіцыйны матэрыял, электрамагнітны экран.

**Мэта працы:** усталяванне заканамернасцяў ўзаемадзеяння электрамагнітнага выпраменьвання з кампазітнымі матэрыяламі на аснове порошкообразных драўняных вуглёў (бярозавы драўняны вугаль, актываваныя драўняны і какосавы вуголле) для стварэння новых канструкцый электрамагнітных экранаў для пасіўных тэхнічных сродкаў абароны інфармацыі.

**Метады даследавання і выкарыстаная апаратура:** панарамны вымяральнік паслаблення і КСВН Я2Р-67 з ГКЧ-61; вымяральны комплекс SNA 0,01–18.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** распрацаваны і апрабаваны метадыкі сінтэзу метал-вугляродных кампазытаў на аснове парашкападобнага актываванага вугалю, заснаваныя на хімічным аблозе на паверхню апошняга часціц нікеля і медзі. Эксперыментальна абгрунтавана, што значэнні каэфіцыента адлюстравання электрамагнітнага выпраменьвання ў дыяпазоне частот 8–12 ГГц (пры вымярэннях з выкарыстаннем металічных адбівальнікаў) у такіх кампазытаў на 6–10 дБ ніжэй, чым у парашкападобнага актываванага вугалю. Прапанаваны новыя метадыкі распрацоўкі канструкцый электрамагнітных экранаў на аснове углесодержащих порошкообразных матэрыялаў. Канструкцыі, вырабленыя ў адпаведнасці з прапанаванымі метадыкамі, характарызуюцца ў параўнанні з аналагамі такімі эксплуатацыйнымі перавагамі, як нізкая маса, трудновоспламеняемость, гнуткасць. Вызначана, што значэнні каэфіцыентаў перадачы і адлюстравання электрамагнітнага выпраменьвання ў дыяпазоне частот 0,7–17 ГГц канструкцый электрамагнітных экранаў, вырабленых у адпаведнасці з прапанаванымі метадыкамі, змяняюцца адпаведна ў межах ад –2 да –30 дБ і ад –2 да –14 дБ.

**Ступень выкарыстання:** выкарыстаны ў навучальным працэсе і пры выкананні НДВКР ў навукова-даследчай часткі ўстанова адукацыі «Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт інфарматыкі і радыёэлектронікі».

**Галіна прымянення:** у мэтах зніжэння радыёлакацыйнай прыкметнасці наземных аб'ектаў; у мэтах абароны інфармацыі ад уцечкі па канале пабочнага электрамагнітнага выпраменьвання і навадзенняў.

## РЕЗЮМЕ

Айад Хишам Ашур Эль Мокхтар

### Электромагнитные экраны на основе древесных углей для технических средств защиты информации

**Ключевые слова:** древесный уголь, композиционный материал, электромагнитный экран.

**Цель работы:** установление закономерностей взаимодействия электромагнитного излучения с композитными материалами на основе порошкообразных древесных углей (березовый древесный уголь, активированные древесный и кокосовый угли) для создания новых конструкций электромагнитных экранов для пассивных технических средств защиты информации.

**Методы исследования и использованная аппаратура:** панорамный измеритель ослабления и КСВН Я2Р-67 с ГКЧ-61; измерительный комплекс SNA 0,01–18.

**Полученные результаты и их новизна:** разработаны и апробированы методики синтеза металл-углеродных композитов на основе порошкообразного активированного угля, основанные на химическом осаждении на поверхность последнего частиц никеля и меди. Экспериментально обосновано, что значения коэффициента отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 8–12 ГГц (при измерениях с использованием металлических отражателей) у таких композитов на 6–10 дБ ниже, чем у порошкообразного активированного угля. Предложены новые методики разработки конструкций электромагнитных экранов на основе углесодержащих порошкообразных материалов. Конструкции, изготовленные в соответствии с предложенными методиками, характеризуются по сравнению с аналогами такими эксплуатационными преимуществами, как низкая масса, трудновоспламеняемость, гибкость. Определено, что значения коэффициентов передачи и отражения электромагнитного излучения в диапазоне частот 0,7–17 ГГц конструкций электромагнитных экранов, изготовленных в соответствии с предложенными методиками, изменяются соответственно в пределах от –2 до –30 дБ и от –2 до –14 дБ.

**Степень использования:** использованы в учебном процессе и при выполнении НИОКР в научно-исследовательской части учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

**Область применения:** в целях снижения радиолокационной заметности наземных объектов; в целях защиты информации от утечки по каналу побочного электромагнитного излучения и наводок.

## SUMMARY

**Ayad Hisham Ashoor El Mokhtar**

### **Charcoal-based electromagnetic shields for technical means of information protection**

**Keywords:** charcoal, composite material, electromagnetic shield.

**The aim of the work:** to establish the laws of electromagnetic radiation interaction with composite materials based on powdered charcoal (birch, activated and coconut charcoal) to create new designs of electromagnetic shields for passive technical means of information protection.

**Research methods and equipment:** panoramic attenuation meter and VSWR Ya2R-67 with Oscillating Frequency Generator 61; SNA measuring complex 0.01–18.

**The obtained results and their novelty:** methods for the synthesis of metal-carbon composites with powdered activated carbon based on chemical deposition of nickel and copper particles on the surface of the latter have been developed and tested. It is experimentally substantiated that electromagnetic radiation reflection coefficient values in the frequency range of 8–12 GHz (when measured using metal reflectors) for such composites are lower on 6–10 dB than for powdered activated carbon. New methods for the development of electromagnetic shields based on charcoal-containing powder materials have been proposed. The shields made in accordance with the proposed methods are characterized in comparison with their analogues by such operational advantages as low weight, low flammability and flexibility. It's determined that electromagnetic radiation transmission and reflection coefficients values in the frequency range 0.7–17 GHz of the shields made in accordance with the proposed methods vary respectively in the range from –2 to –30 dB and from –2 to –14 dB.

**Extent of usage:** used in the educational process and when performing scientific research and development work in the research part of the educational institution “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics”.

**Scope:** in order to reduce the radar visibility of ground objects; in order to protect information from leakage through the channel of secondary electromagnetic radiation and interference.

*Научное издание*

**Айад Хишам Ашур Эль Мокхтар**

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЭКРАНЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ УГЛЕЙ  
ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

по специальностям

05.13.19 – Методы и системы защиты информации,  
информационная безопасность,

05.27.06 – Технология и оборудование для производства полупроводников,  
материалов и приборов электронной техники

---

Подписано в печать 16.01.2020.  
Гарнитура «Таймс».  
Уч. изд. л. 1,5.

Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Отпечатано на ризографе.  
Тираж 60 экз.

Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 1,63.  
Заказ 8.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,  
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.

Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск

## ЛИСТ ИСПРАВЛЕНИЙ

в тексте автореферата диссертации Айад Хишам Ашур Эль Мокхтар «Электромагнитные экраны на основе древесных углей для технических средств защиты информации» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.19 – методы и системы защиты информации, информационная безопасность, 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники

№ страницы	Напечатано	Следует читать
14	В приложениях представлены копии актов, подтверждающих практическое использование результатов диссертационной работы, и копия титульного лист технологической инструкции на изготовление базовой конструкции электромагнитных экранов модульного типа для защиты человека от ЭМИ.	В приложениях представлены копии актов, подтверждающих практическое использование результатов диссертационной работы, и копия титульного листа технических условий на изготовление базовой конструкции электромагнитных экранов модульного типа для защиты человека от ЭМИ.

Соискатель



Айад Хишам Ашур Эль Мокхтар

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций Д 02.15.06  
кандидат технических наук, доцент



О. В. Бойправ