

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УДК 004.056.5:621.315.6

ПУЛКО
Татьяна Александровна

**СТАБИЛЬНОСТЬ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЭКРАНОВ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ КАНАЛАМ**

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 производ-
ства полупроводников, материалов и приборов элек-
тронной техники

Минск 2010

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

Научный руководитель

Насонова Наталья Викторовна, канд. техн. наук, доцент, докторант кафедры защиты информации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Официальные оппоненты:

Бондарь Иван Васильевич, докт. хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Беляев Юрий Владимирович, канд. техн. наук, зав. лабораторией оптико-физических измерений «Научно-исследовательского института прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко Белорусского государственного университета».

Опонирующая организация

Государственное научное учреждение «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси»

Защита состоится 21 апреля 2011 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: dissovvet@bsuir.by, тел.293-89-89.

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

По физической природе носителя наиболее уязвимыми с точки зрения утечки информации, являются электромагнитные, визуально-оптические и тепловые технические каналы утечки информации, что связано с возможностью скрытого получения информации о защищаемых объектах независимо от расстояния.

Эффективным методом снижения уровня информационных сигналов является экранирование их источников, которое заключается в ограничении распространения электромагнитных волн в определенную область пространства путем рассеяния, переотражения энергии электромагнитных колебаний и преобразования ее в тепловую энергию в экранирующих материалах с резистивными, диэлектрическими или магнитными потерями.

Анализ существующих конструкций экранов электромагнитного излучения (ЭМИ) показывает, что эффективность экранирующих устройств определяется электрическими и магнитными свойствами материала экрана, конструкцией экрана, его геометрическими размерами и частотой излучения.

Эффективные экраны ЭМИ на основе синтезированных водосодержащих композиционных материалов обладают небольшим весом и гибкостью, а электромагнитные характеристики конструкций зависят от свойств диспергированного наполнителя. Использование воды в жидкой фазе способствует снижению ЭМИ вследствие высоких диэлектрических потерь воды в СВЧ-диапазоне, обусловленных механизмом дипольной релаксации под воздействием внешнего электромагнитного поля.

Проблемой водосодержащих конструкций экранов ЭМИ является изменение эксплуатационных и экранирующих характеристик в случае нарушения герметичности конструкций. Кроме этого, наличие водных растворов в составе экранирующих материалов приводит к развитию плесневых грибов на поверхности водосодержащих элементов конструкций.

Для решения этих вопросов в диссертационной работе предлагается разработать эффективные конструкции и технологию создания водосодержащих конструкций экранов ЭМИ на основе капиллярно-пористых материалов со стабильным уровнем водосодержания в течение всего срока эксплуатации без герметизации.

Полученные водосодержащие элементы конструкций предполагается применять при изготовлении устройств защиты информации от утечки по электромагнитному, оптическому и тепловому каналам, создании защитных конструкций экранов ЭМИ для СВЧ-техники, мобильных телефонов, персональных компьютеров, а также для средств скрытия объектов от обнаружения в радиолокационном и оптическом диапазонах длин волн.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» №4 от 28.12.2007 г. и соответствует подразделу 5.5 «Методы, средства и технологии обеспечения информационной безопасности при обработке, хранении и передаче данных с использованием криптографии, квантово-криптографические системы» приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утверждённых Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19 апреля 2010 г. №585.

Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в рамках ГБЦ №09-3016 государственной программы прикладных исследований «Композиционные материалы» (2009 – по настоящий момент), № госрегистрации 2003378, а также грантов Фонда фундаментальных исследований НАН Беларуси №Т10М-215 с 2010 г. по настоящий момент, № госрегистрации 10-7007 и №Т10-114 с 2010 г. по настоящий момент № госрегистрации 10-1189Б, в которых автор является ответственным исполнителем.

Цель и задачи исследования

Цель диссертационной работы состоит в получении эффективных конструкций и технологии изготовления экранов ЭМИ на основе стабильных водосодержащих материалов для применения в радиозоологии и для защиты информации от утечки по техническим каналам.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать принципы и методику стабилизации влагосодержания и экранирующих характеристик капиллярно-пористых материалов для водосодержащих конструкций экранов электромагнитного излучения.
2. Исследовать особенности влияния плесневых грибков на экранирующие и оптические характеристики водосодержащих конструкций экранов электромагнитного излучения.
3. Исследовать влияние состава растворных наполнителей, закрепляемых в капиллярно-пористых материалах с включениями растительности в полимерном покрытии на характеристики поглощения и отражения электромагнитных волн в СВЧ и оптическом диапазонах длин волн.

4. Разработать технологию создания водосодержащих элементов конструкций экранов электромагнитного излучения со стабильностью экранирующих характеристик и исследовать влияние повышенных и пониженных температур на экранирующие характеристики разработанных конструкций экранов ЭМИ.

5. Разработать рекомендации по практическому использованию конструкций экранов в качестве основы систем скрытия объектов в радиолокационном и оптическом диапазонах длин волн для систем защиты информации.

В качестве объекта исследования выбраны методы построения конструкций экранов ЭМИ для защиты информации от утечки по электромагнитному и оптическому каналам. Предметом исследования являются характеристики отражения и ослабления ЭМИ стабильными водосодержащими экранами, оптические свойства, гранулированных, порошкообразных и водосодержащих трикотажных материалов, а также установление свойств термо- и огнестойкости стабильных водосодержащих конструкций экранов ЭМИ

Положения, выносимые на защиту

1. Установленное снижение экранирующих характеристик водосодержащих конструкций экранов электромагнитного излучения на 2...4 дБ ослабления и 1...3 дБ коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 8...12 ГГц и спектрального коэффициента яркости поверхности материалов конструкций на 0,2...0,4 в диапазоне длин волн 440...940 нм, обусловленное появлением на их поверхности мицелий плесневых грибов.

2. Предложенная технология стабилизации водосодержания капиллярно-пористых материалов с регенерацией свойств, основанная на введении гигроскопичной соли щелочноземельного металла в растворный наполнитель, которая позволяет стабилизировать величину ослабления электромагнитного излучения (12,4...15,9 дБ) при коэффициенте отражения электромагнитного излучения (-1,9...-9,9 дБ) в диапазоне частот 8,0...11,5 ГГц, для использования в качестве элементов экранов электромагнитного излучения для систем защиты информации.

3. Установленные характеристики термостойкости экранирующих конструкций на основе капиллярно-пористых материалов, содержащих раствор гигроскопичной соли, полученные при введении дополнительного гидрофильного покрытия на основе поливинилового спирта, при сохранении эффективности экранирования в СВЧ- и оптическом диапазонах в температурном диапазоне (-27...+160 °С) и огнестойкости при температуре пламени 1700 °С не менее 23 с, что позволяет обеспечить их эксплуатацию в системах защиты информации от утечки по техническим каналам.

4. Экспериментальная оптимизация дисперсных включений хвои и хны в полимерном слое элементов конструкций приводит к увеличению поглощающей способности за счёт наличия хлорофилла и каротиноидов на поверхности элементов конструкций и характеризуется спектральным коэффициентом яркости в пределах 0,25...0,8 в диапазоне 540...940 нм, что позволяет использовать разработанные элементы конструкций для скрытия специальных объектов на фоне растительности в радиолокационном и оптическом диапазонах длин волн.

Личный вклад соискателя

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в научном обосновании возможности использования пористых матриц с гигроскопичными растворными наполнителями в качестве элементов систем скрытия объектов в радиолокационном и оптическом диапазонах длин волн, систем защиты информации и радиоэкологии со сниженными массогабаритными характеристиками, подготовке и проведении всех экспериментов по исследованию их характеристик и свойств, разработке конструкций технических барьеров для подавления указанных каналов утечки информации.

Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились с научным руководителем, кандидатом технических наук Н. В. Насоновой, доктором технических наук Л. М. Лыньковым, кандидатом технических наук Т. В. Борботько.

Апробация результатов диссертации

Материалы, вошедшие в диссертационную работу, докладывались и обсуждались на XII – XIV Международных научно-технических конференциях «Современные средства связи» (Минск, Беларусь, 2007–2010 гг.); IV–VIII Белорусско-российских научно-технических конференциях «Технические средства защиты информации» (Браслав, Беларусь, 2008–2010 гг.); IX – X Международных научных конференциях «Сахаровские чтения. Экологические проблемы XXI века» (Минск, Беларусь, 2009–2010 гг.); IV Международной научно-технической конференции «Современные методы и технологии создания и обработки материалов» (Минск, Беларусь, 2009); Международном научно-техническом семинаре «Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных» (Браслав, Беларусь, 2010 г.); VI Международной научно-технической конференции «Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии» (Минск, Беларусь, 2010 г.).

Опубликованность результатов диссертации

Материалы по теме диссертации опубликованы в 5-ти научных работах (8,9 авторских листа), соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, включая:

– 4 статьи в рецензируемых научных журналах в соавторстве. Автору принадлежит 2,1 авторских листа;

– 1 монография в соавторстве. Автору принадлежит 6,8 авторских листа.

Опубликовано 18 статей в сборниках материалов конференций, семинаров, 8 тезисов докладов в сборниках тезисов конференций и семинаров, получено 4 патента Республики Беларусь на полезную модель.

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 приведена краткая характеристика технических каналов утечки информации, анализ существующих средств подавления электромагнитного и оптического каналов утечки, преимущества использования водосодержащих материалов в конструкциях экранов ЭМИ и их недостатки. Во второй главе приводится обоснование использования волоконистых, гранулированных и порошкообразных материалов для создания экранирующих конструкций и оптических масок, а также методика стабилизации уровня водосодержания этих материалов без герметизации. Третья глава содержит результаты исследования экранирующих характеристик выбранных водосодержащих материалов с различной концентрацией растворных наполнителей и способа их консервации в составе элементов конструкций, а также их оптические характеристики в зависимости от типа используемых материалов и способа модификации их поверхности. В четвертой главе разработана технология создания конструкций экранов ЭМИ для широкого применения (скрытие объектов в радиолокационном и оптическом диапазоне, экранирование СВЧ-техники и устройств, радиозащита), исследованы экранирующие характеристики конструкций экранов ЭМИ СВЧ-диапазона в широком температурном диапазоне, а также свойства термо- и огнестойкости.

Общий объем диссертационной работы составляет 177 страниц, из которых 98 страниц основного текста, 101 рисунок на 45 страницах, 8 таблиц на 6 страницах, библиографический список из 171 источника, включая 35 собственных публикаций автора на 21 странице, 1 приложение на 2 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** и в общей характеристике работы обоснована актуальность темы диссертации, определены основные направления исследований, показана необходимость проведения исследований стабильных водосодержащих капиллярно-пористых материалов для создания эффективных гибких негерметизированных конструкций экранов электромагнитного излучения, способных эффективно поглощать электромагнитное излучение (ЭМИ) различных диапазонов независимо от изменений эксплуатационных условий без герметизирующих слоёв.

В **первой главе** представлена характеристика технических каналов, наиболее опасных с точки зрения утечки информации в связи со скрытым перехватом информации с больших расстояний. Приведён обзор материалов и средств экранирования объектов в СВЧ-диапазоне, оптических масок и тепловых экранов. Показано, что они характеризуются узкополосностью рабочих характеристик, большой массой и стоимостью, неустойчивостью отражающей способности в рабочем диапазоне длин волн при их эксплуатации, вследствие использования в качестве основы материалов с нестабильными экранирующими свойствами.

Показана актуальность применения водосодержащих волокнистых, порошкообразных, углеродсодержащих капиллярно-пористых материалов в составе конструкций экранов ЭМИ для обеспечения защиты информации от утечки по техническим каналам. Однако они не обеспечивают стабильность экранирующих характеристик в течение всего срока эксплуатации при повреждении герметизирующих слоёв и подвержены появлению и развитию плесневых грибов, что может неблагоприятно сказываться на экранирующих и оптических характеристиках конструкций экранов ЭМИ.

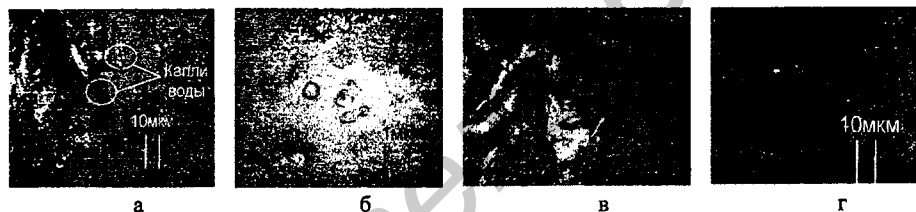
Показана необходимость разработки новых способов стабилизации экранирующих характеристик для водосодержащих конструкций экранов ЭМИ СВЧ- и оптического диапазонов длин волн с применением растворных наполнителей, обеспечивающих постоянное водосодержание экранирующих конструкций независимо от наличия герметизирующих средств.

Во **второй главе** приведено обоснование введения водного раствора хлорида кальция и раствора поливинилового спирта в состав капиллярно-пористых материалов для обеспечения стабильности водосодержания конструкций экранов ЭМИ.

Показано, что водный раствор хлорида кальция, который является гигроскопичной солью щелочноземельного металла, энергично поглощает водяные пары в результате физической абсорбции. Условие стабильности водосодержания при концентрации 45 % масс. растворного наполнителя определяется рав-

ными скоростями абсорбции/десорбции молекул воды из связанного состояния. Для защиты растворного наполнителя от резких изменений условий эксплуатации (климатических и механических воздействий) предлагается ввести в качестве внешнего слоя 8,8 % масс. водный раствор поливинилового спирта (ПВС), который кристаллизуется с образованием гидрофильной полупроницаемой пленки. Используемый полимер обладает хорошей адгезией к разным типам подложек, заполняя поры и неровности материала и формируя межмолекулярные связи между контактирующими молекулами полимера и поверхностью капиллярно-пористого материала.

Высокие диэлектрические потери воды в СВЧ-диапазоне и развитая структура пор волокнистых и порошковых материалов позволили использовать водосодержащие трикотажные и целлюлозные материалы, а также порошкообразный и гранулированный силикагель для создания высокоэффективных конструкций экранов ЭМИ. Релаксационные процессы ориентационной поляризации диполей обуславливают поглощение энергии ЭМИ водным раствором.



а – волокнистый материал; б – гранула силикагеля; в – гранула силикагеля с покрытием ПВС; г – волокнистый материал с покрытием ПВС со включениями хны

Рисунок 1 – Микрофотографии ($\times 50$) поверхности образцов элементов конструкций экранов ЭМИ, заполненных 45 % масс. водным раствором хлорида кальция

Представлены методики изготовления образцов водосодержащих элементов конструкций экранов ЭМИ на основе трикотажных и целлюлозных материалов, а также порошкообразного и гранулированного силикагеля (рисунок 1).

Для экспериментальных исследований устойчивости водосодержащих экранирующих материалов к развитию плесени были созданы образцы, отличающиеся способом активации роста и типом непатогенных микроорганизмов.

Представлена стандартная методика определения водопоглощения и привеса воды элементов конструкций, которая описывается ГОСТ 3816–81.

Для измерений экранирующих характеристик исследуемых образцов элементов конструкций в диапазоне частот 8,0...11,5 ГГц использовались волноводные тракты, скалярные и векторные анализаторы цепей. Для исследования

оптических характеристик образцов элементов конструкций в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах длин волн (540...940 нм) использовались гониометрическая установка и спектрополяриметр Гемма МС – 09, имеющий разрешение не хуже 1,5 нм. Методика измерения температуры поверхности образцов экранов ЭМИ основана на дистанционном измерении тепловизором температурных полей, распределенных на поверхности исследуемого материала. Методика исследования свойств огнестойкости элементов конструкций экранов ЭМИ организована в соответствии с нормами пожарной безопасности с использованием портативной газовоздушной технической горелки ПАЛИР («EUROGAS») и тепловизора IRTIS-2000NH. Сравнительный анализ электрических макросвойств элементов конструкций экранов с биологической тканью проведен путем исследования импедансных свойств элементов конструкций экранов.

В третьей главе приведены результаты исследования устойчивости конструкций экранов ЭМИ на основе водосодержащих капиллярно-пористых материалов к развитию в их структуре колоний микроорганизмов.

Показано, что ослабление ЭМИ, создаваемое водосодержащими капиллярно-пористыми материалами, содержащими на поверхности мицелии плесневых грибов, составляет 13...19 дБ, при коэффициенте отражения ЭМИ в –1...–8 дБ, что на $\pm 2...3$ дБ отличается от водосодержащих материалов, не содержащих мицелии плесени. Это можно объяснить трансформацией жидкой среды на молекулярном уровне в результате жизнедеятельности микроорганизмов и изменением диэлектрической проницаемости водосодержащих материалов, а также рассеянием ЭМВ на неоднородностях поверхности материалов.

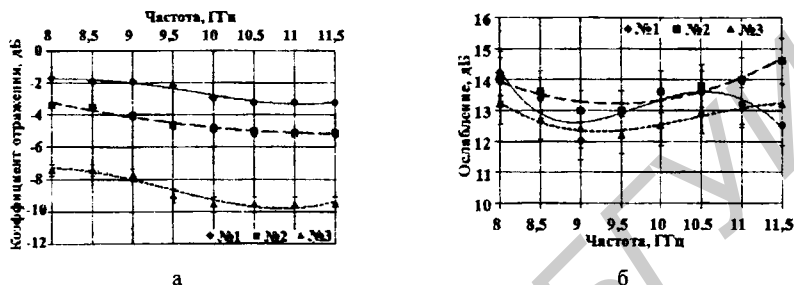
Приведены результаты гравиметрических исследований динамики водосодержания разработанных образцов элементов конструкций, которые показывают минимальные колебания уровня водосодержания, обусловленные гигроскопичностью раствора, в пределах $55 \% \pm 5...10 \%$ в течение 30 месяцев наблюдений, что увеличивает срок эксплуатации водосодержащих конструкций экранов ЭМИ независимо от условий эксплуатации.

Показаны особенности взаимодействия ЭМИ с образцами элементов конструкций на основе капиллярно-пористых материалов, заполненных 45 % масс. раствором хлорида кальция, в диапазоне частот 8,0...11,5 ГГц, установлены зависимости характеристик ослабления и отражения ЭМИ от концентрации раствора хлорида кальция и наличия консервирующего слоя на основе поливинилового спирта.

В диапазоне частот 8,0...11,5 ГГц, выбранном с учетом дальнейшего применения разработанных образцов элементов конструкций, значения ослабления ЭМИ трикотажными и целлюлозными материалами находятся в пределах 11,5...15,5 дБ, при коэффициентах отражения, соответственно равных

-1,9...-3,2 дБ и -3,4...-5,1 дБ, при толщине материалов 2...3 мм (рисунок 2).

Установлено, что по истечении 6 месяцев полученные характеристики не изменяются, наблюдается лишь незначительное увеличение величины ослабления ЭМИ в пределах 1...2 дБ при снижении коэффициента отражения ЭМИ в тех же пределах, связанное с колебаниями водосодержания, вызванными изменениями температурно-влажностного режима лаборатории.



а – ослабление ЭМИ; б – коэффициент отражения ЭМИ;

1 – трикотажный материал; 2 – нетканое целлюлозное полотно; 3 – гранулированный силикагель

Рисунок 2 – Экранирующие характеристики элементов конструкций на основе капиллярно-пористых материалов в первый день исследований

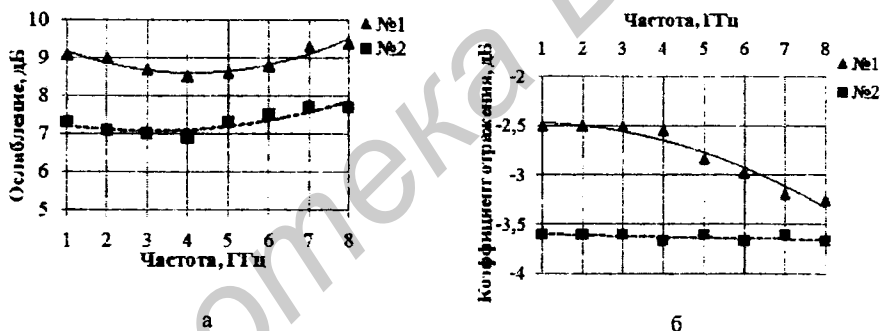
Представлены экранирующие характеристики образцов элементов конструкций на основе трикотажного материала, пропитанного 45 % масс. раствором хлорида кальция 45 % масс. и 60 % масс. концентрации с гидрофильным покрытием из ПВС. Использование раствора хлорида кальция 45 % масс. концентрации обеспечивает ослабление ЭМИ порядка 7,0...7,5 дБ при коэффициенте отражения ЭМИ -3,75...-3,67 дБ. Увеличение концентрации растворного наполнителя до 60 % масс. увеличивает величину ослабления ЭМИ до 6,9...7,7 дБ при коэффициенте отражения ЭМИ -3,67...-3,6 дБ, однако ускоренный процесс сорбции в данном случае способствует ухудшению эксплуатационных характеристик полученных материалов.

Исследовалось повышение эффективности экранирования образцами элементов конструкций на основе силикагеля, пропитанного 45 % масс. раствором хлорида кальция, в диапазоне частот 8...11,5 ГГц. Установлено, что образцы элементов конструкций на основе гранулированного силикагеля с водосодержанием 30 % обладают ослаблением ЭМИ порядка 3,8...4,9 дБ при отражении ЭМИ -9,0...-15,0 дБ. Пропитывание силикагеля раствором хлорида кальция позволяет увеличить уровень ослабления до 12,4...13,3 дБ при отражении ЭМИ -7,5...-9,9 дБ в результате увеличения уровня водосодержания исследуе-

мых материалов. Это стало возможным вследствие сферической поверхности гранул силикагеля, пропитанных раствором хлорида кальция, и увеличения общей площади притяжения молекул воды из воздушного пространства.

Исследовались экранирующие свойства образцов элементов конструкций на основе порошкообразного силикагеля, пропитанного 45 % масс. раствором хлорида кальция, помещённого между двумя слоями тканого материала с покрытием из поливинилового спирта. Результаты измерений сравнивались с экранирующими характеристиками элементов конструкций на основе трикотажного материала (рисунок 3).

Показано, что образцы элементов конструкций на основе порошкообразного силикагеля, обеспечивают ослабление ЭМИ 8,5...9,4 дБ при коэффициенте отражения ЭМИ в пределах -3,2...-2,5 дБ. Для образцов элементов конструкций на основе трикотажного материала характерно ослабление в пределах 6,9...7,9 дБ при коэффициенте отражения -3,6 дБ, что свидетельствует о большей поглощающей способности трикотажного материала, чем у силикагеля, вследствие различного уровня водосодержания.



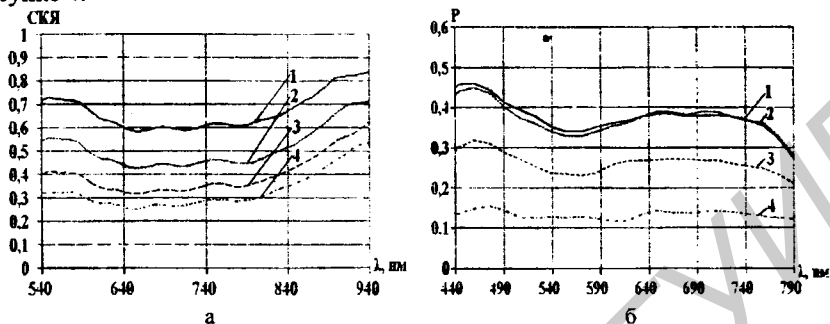
а – ослабление ЭМИ; б – коэффициент отражения ЭМИ;
1 – порошкообразный силикагель, 2 – трикотажный материал

Рисунок 3 – Экранирующие характеристики элементов конструкций на основе капиллярно-пористых материалов, пропитанных раствором хлорида кальция, с кристаллическим полимерным слоем

По истечении 30 месяцев было установлено, что ослабление ЭМИ образцами элементов конструкций независимо от концентрации используемых растворных наполнителей уменьшилось на 1...2 дБ по сравнению с первоначальным уровнем, что может быть связано с температурно-влажностным режимом в помещении.

Исследованы оптические характеристики водосодержащих материалов на основе ушлотнённого трикотажа в диапазоне длин волн 540...940 нм.

Зависимость спектрального коэффициента яркости (СКЯ) образца элемента конструкции на основе трикотажного материала, пропитанного 45 % масс. раствором хлорида кальция, при угле падения 45° , представлены на рисунке 4.

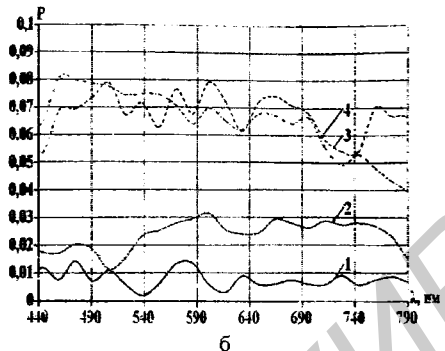
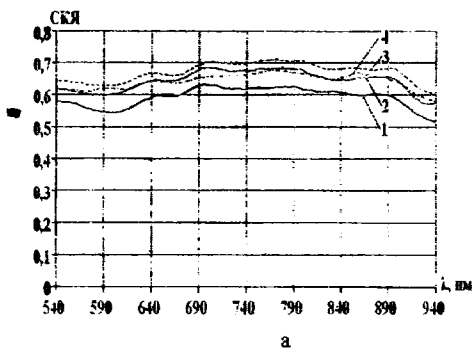


а – спектральный коэффициент яркости; б – степень поляризации;
 угол наблюдения: 1 – $\beta = 0^\circ$, 2 – $\beta = 30^\circ$, 3 – $\beta = 50^\circ$, 4 – $\beta = 70^\circ$

Рисунок 4 – Зависимость спектрального коэффициента яркости и степени поляризации поверхности образцов элементов конструкций на основе трикотажа от длины волны

Значение СКЯ определяется углом наблюдения и падения коллимированного пучка света на поверхность исследуемого образца. При угле падения 45° в зависимости от изменения угла наблюдения с 0° до 70° значения СКЯ изменяются в пределах $0,25 \dots 0,85$ в диапазоне длин волн $540 \dots 940$ нм. Синтезированный материал незначительно поляризует свет в диапазоне $540 \dots 940$ нм при углах наблюдения 0° и 30° , превышая значения степени поляризации аналогичного материала, пропитанного водой, на $0,1 \dots 0,3$. Полученные значения СКЯ коррелируют с аналогичными характеристиками свежеснежного покрова и известняка, а при увеличении угла падения пучка света до 55° значения сравнимы с лесорастительными объектами, что может означать низкую контрастность синтезированного образца на фоне природных объектов.

Значения СКЯ образцов элементов конструкции на основе трикотажного материала с полимерным покрытием изменяются в пределах $0,5 \dots 0,7$, что является усреднённым значением по сравнению со значениями СКЯ аналогичных образцов, пропитанных водой ($0,65 \dots 0,8$) и 45 % масс. раствором хлорида кальция ($0,05 \dots 0,7$) (рисунок 5, а).



а – спектральный коэффициент яркости, б – степень поляризации;

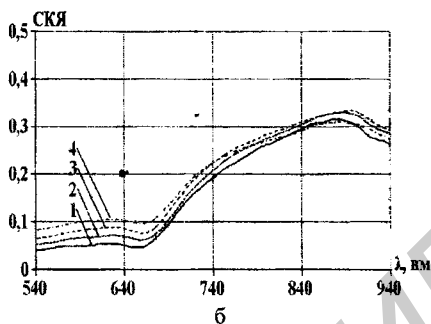
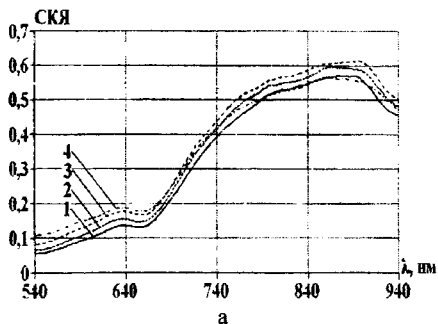
1 – $\beta = 0^\circ$, 2 – $\beta = 30^\circ$, 3 – $\beta = 50^\circ$, 4 – $\beta = 70^\circ$

Рисунок 5 – Зависимость спектрального коэффициента яркости и степени поляризации отраженного излучения от поверхности образцов элементов конструкций на основе трикотажа с модифицированной поверхностью от длины волн при угле падения света 50°

Образцы элементов конструкций с модифицированной поверхностью не поляризуют видимый свет, отражённый от поверхности материала (степень поляризации менее 0,08), что свидетельствует об оптической заметности таких материалов (рисунок 5, б).

Учитывая оптические свойства образцов элементов конструкций, можно рассматривать возможность их использования для снижения контрастности объектов в зимний период времени в связи с близкими значениям СКЯ к яркостной картине изображения снега для различных углов наблюдения.

Значения СКЯ образцов элементов конструкций, поверхность которых модифицировалась порошком хны (рисунок 6, а) и порошком хвои (рисунок 6, б), характеризуются стабильностью при увеличении угла наблюдения от 45° до 55° . В диапазоне длин волн 540...940 нм наблюдаются значения СКЯ в пределах 0,5...0,12. Данные значения коррелируют с аналогичными характеристиками хвойных и лиственных лесных пород в летний и зимний периоды времени, в частности, в области длин волн зелёного света (550 нм).



а – хна; б – хвоя

1 – $\beta = 0^\circ$, 2 – $\beta = 30^\circ$, 3 – $\beta = 50^\circ$, 4 – $\beta = 70^\circ$

Рисунок 6 – Зависимость спектрального коэффициента яркости поверхности образцов элементов конструкций с мелкодисперсными включениями хны и хвои от длины волны при угле падения света 50°

Степень поляризации исследуемой поверхности образцов элементов конструкций коррелируют с характеристиками растительных поверхностей в пределах 0,1...0,6 в диапазоне 540...940 нм.

Полученные спектрально-поляризационные характеристики образцов элементов конструкций на основе трикотажных материалов с модифицированной поверхностью коррелируют с аналогичными характеристиками природных объектов (хвойных и лиственных массивов, суходольных лугов, снега и т.д.), что позволяет предложить синтезированный материал для создания защитных материалов для маскировки специальных объектов на фоне подстилающей поверхности естественного происхождения.

В четвертой главе приведена технология создания элементов конструкций экранов ЭМИ на основе водосодержащих капиллярно-пористых материалов с регенерацией свойств, обусловленных введением 45 % масс. водного раствора хлорида кальция, и использованием полимерное покрытие на основе поливинилового спирта с растительными включениями (не более 50 % масс.).

Разработана технология изготовления многослойных защитных конструкций для скрытия объектов от обнаружения в радиолокационном и ИК-диапазоне волн на основе разработанных водосодержащих элементов, которые с использованием отражающего слоя на фольгированной основе позволяют стабилизировать ослабление на величине порядка 12,5...14,0 дБ при коэффициенте отражения $-2,0...-3,5$ дБ. Дальность обнаружения радиолокационной цели предложенной многослойной наборной конструкцией снижается в 2,5 раза.

Разработанные конструкции экранов ЭМИ характеризуются свойствами термо- ($-27...+160^\circ\text{C}$) и огнестойкости (1700°C). Благодаря содержанию в со-

ставе базовых модулей водного раствора хлорида кальция концентрацией 45 % масс., существенно снижается точка замерзания водосодержащего наполнителя до $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, сохраняя гибкость конструкции, при этом коэффициент отражения при температуре $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет $-2\dots-4$ дБ при ослаблении ЭМИ $14\dots16$ дБ. Использование раствора хлорида кальция в составе элементов конструкций обеспечивает снижение температуры нагрева поверхности в спектральном диапазоне $8\dots12$ мкм на $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) при температуре нагрева источника ИК-излучения $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ за счет преобразования энергии ИК-излучения в кинетическую энергию молекул воды и их испарения, при этом процесс сорбции влаги с внешней стороны конструкции экрана ЭМИ обеспечивает регенерацию свойств и возобновление влагосодержания. Примечательно, что после воздействия высоких температур разработанные элементы конструкций восстанавливают первоначальный уровень водосодержания в течении 24 ч при нормальном температурно-влажностном режиме.

Показано, что при воздействии открытого пламени на элементы конструкции, пропитанные 45 % масс. раствором хлорида кальция, их огнестойкость сохраняется в течение 42 с. Использование покрытия для элементов конструкций на основе поливинилового спирта увеличивает время сквозного прожигания до 2 мин 45 с. Ослабление ЭМИ элементами конструкций на основе трикотажного полотна после воздействия на них открытого пламени составляет $2,0\dots5,2$ дБ ($3,0\dots6,0$ дБ с использованием слоя поливинилового спирта) при отражении ЭМИ $-7,8\dots-9,0$ дБ ($-4,0$ дБ с использованием слоя поливинилового спирта). Экранирующие характеристики элементов конструкций на основе целлюлозы, подвергнутые воздействию открытого пламени, не зависят от наличия или отсутствия слоя поливинилового спирта на поверхности основы и характеризуются ослаблением порядка $8,0\dots10,5$ дБ при отражении $-0,1\dots-0,2$ дБ. Огнестойкость элементов конструкций на основе целлюлозы сохраняется в течение 9 с, после чего происходит постепенное плавление структуры материала, сквозное прожигание происходит через 27 с после прямого контакта с огнем. Использование полимерного слоя на поверхности элемента конструкции на основе водосодержащей целлюлозы увеличивает его огнестойкость до 2 мин 14 с.

Разработанные гибкие водосодержащие конструкции экранов ЭМИ для защиты человеческого организма от электромагнитного излучения средств мобильных телекоммуникаций на основе трикотажного материала обеспечивают снижение уровня ЭМИ сотового телефона с $-19,36$ дБмкВ/м до $-37,22$ дБмкВ/м, что свидетельствует о возможности использования полученного элемента конструкции в составе средств защиты человека от ЭМИ, создаваемого сотовым телефоном не только в ждущем режиме его работы, но и в состоянии разговора. Исследования элементов конструкций на основе трикотажа, целлюлозы с различными растворными наполнителями для снижения ЭМИ системного блока

ПК в диапазоне волн 200...950 МГц показали положительную динамику в снижении уровня ЭМИ влагосодержащими поглощающими базовыми модулями. Наибольшим ослаблением ЭМИ характеризуется базовый модуль на основе трикотажа, снижающий уровень ЭМИ системного блока ПК на 10...20 дБ. Показано снижение уровня ЭМИ базовой станции сотовой связи посредством водосодержащего защитного материала типа «штора» на частоте 940 МГц на 4...6 дБ и на частоте 1870 МГц на величину порядка 6...16 дБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Определена степень воздействия плесневых грибов на поверхности водосодержащих конструкций экранов ЭМИ, которая выражается в снижении экранирующих характеристик в диапазоне 8,0...11,5 ГГц, а также в изменении оптических характеристик в диапазоне длин волн 440...940 нм [3 – А, 4 – А, 9 – А].

2. Предложена и разработана технология создания стабильных водосодержащих капиллярно-пористых материалов посредством введения в состав растворного наполнителя гигроскопичной соли щелочноземельного металла, с колебаниями уровня водосодержания относительно начального значения в пределах $\pm 8\%$ и поддерживать его в течение более 30 месяцев [1 – А, 2 – А, 4 – А, 5 – А, 6 – А, 21 – А, 24 – А, 26 – А, 32 – А, 33 – А].

3. Установлены особенности ослабления ЭМИ водосодержащими негерметизированными элементами конструкций на основе машинно-вязанного полотна, целлюлозы и силикагелевых материалов толщиной 3–5 мм с растворным наполнителем, содержащим CaCl_2 . Показано, что со стабильным уровнем влагосодержания (при колебании в пределах $55\% \pm 5...10\%$) ослабление электромагнитной энергии сохраняется в пределах 12,4...15,9 дБ, при отражении ЭМИ -1,9...-9,9 дБ в диапазоне частот 8...11,5 ГГц [1 – А, 7 – А, 8 – А, 22 – А, 23 – А].

4. Предложен способ модифицирования поверхности водосодержащих элементов конструкций путем формирования гидрофильного полимерного слоя на поверхности капиллярно-пористых материалов. Показано, что ослабление электромагнитного излучения водосодержащими материалами с полимерным слоем снижается до 7,4...8,0 дБ при одновременном повышении коэффициента отражения до -3,72...-3,76 дБ в диапазоне частот 8...12 ГГц при одинаковых массогабаритах исследуемых образцов [1 – А, 10 – А, 23 – А, 32 – А].

5. Для создания материалов, имитирующих характеристики растительности в радиолокационном, оптическом видимом и ближнем ИК – диапазонах длин волн, предложен способ консервации включений растительности в слое

гидрофильного полимера на поверхности капиллярно-пористых материалов, позволяющий получить коррелирующие с естественным фоном оптические характеристики со СКЯ поверхности в пределах 0,25...0,8 в диапазоне 540–940 нм [14 – А, 16 – А, 17 – А, 18 – А, 19 – А, 20 – А, 25 – А].

6. Исследованы свойства термо- и огнестойкости водосодержащих элементов конструкций с регенерацией свойств, полученных благодаря применению технологии создания стабильных водосодержащих капиллярно-пористых материалов, которые характеризуются термостойкостью в течение 2400 с в диапазоне –27...+160 °С и огнестойкостью при температуре 1700 °С в течение 23 с [12 – А, 29 – А, 30 – А, 31 – А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Получен стабильный влагосодержащий материал с огнестойкостью в течение 2 мин 45 с при температуре воздействия открытого пламени 1700 °С, характеризующийся снижением коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 8,0...11,5 ГГц до величины порядка –4,0...–9,0 дБ, что связано со снижением уровня влагосодержания синтезированного материала не более чем в 2 раза [29 – А, 30 – А, 31 – А, 34 – А].

2. Для защиты различных объектов, находящихся в непосредственной близости от источников ИК-излучения, и скрытия специальных объектов в условиях наблюдения в ИК-диапазоне предлагается использование теплового экрана, который в отличие от существующих аналогов характеризуется регенерацией свойств и позволяет обеспечить снижение температуры источника со 160° до 44 °С, а с применением конвективного охлаждения поверхности материала установкой прямоточного вентилятора позволяет уменьшить температуру нагрева внешней поверхности теплового экрана до 20 °С при времени теплового воздействия не менее 40 мин. [12 – А, 14 – А, 16 – А, 35 – А].

3. Разработана методика изготовления водосодержащих элементов конструкций, импедансные характеристики которых близки к свойствам биологических тканей, при ослаблении ЭМИ порядка 7...13 дБ и коэффициент отражения ЭМИ в пределах –3,8...–1,8 дБ в частотном диапазоне 8...11,5 ГГц. Предлагается использование полученных элементов конструкций в качестве экранов для снижения уровня ЭМИ системных блоков персональных компьютеров на 10...20 дБ, излучения базовых станций (конструкцией экрана типа «штора») на величину порядка 6...16 дБ на частоте 1870 МГц [11 – А, 13 – А, 15 – А, 18 – А, 19 – А, 20 – А, 28 – А].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Монографии

1–А. Пассивные технические средства обеспечения информационной безопасности от утечки по электромагнитному, оптическому и акустическому каналам / Т. А. Пулко [и др.]; под общ. ред. Л. М. Лынькова. – Минск: Бестпринт, 2010. – 225 с.

Статьи в рецензируемых научных журналах

2–А. Пулко, Т. А. Измерение диэлектрической проницаемости композитных материалов на СВЧ / Т. А. Пулко, К. В. Никитенко, Н. В. Колбун // Доклады БГУИР. - 2008. - № 6. - С. 64–67.

3–А. Колбун, Н. В. Стабильность экранирующих электромагнитное излучение влагосодержащих материалов в условиях развития микроорганизмов / Н. В. Колбун, Т. А. Пулко, Л. М. Лыньков // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 1. – С. 64–70.

4–А. Пулко, Т. А. Спектрально-поляризационные характеристики материалов, содержащих мицелии плесневых грибов рода *Penicillium* / Т. А. Пулко, Н. В. Колбун // Доклады БГУИР. - 2010. - № 5. - С. 58–62.

5–А. Пулко, Т. А. Методика стабилизации влагосодержания капиллярно-пористых материалов / Т. А. Пулко, Х. М. Алялябад, Н. В. Насонова // Инженерный вестник. – 2010.– № 2(30). – С.32–34.

Статьи в сборниках материалов конференций и семинаров

6–А. Пулко, Т. А. Применение дисперсионных жидкостных сред для снижения электромагнитного излучения средств телекоммуникаций / Е. А. Криштопова, Т.В. Борботько, Н.В. Колбун, Т. А. Пулко, Х. М. Алялябад, Л. М. Лыньков // Современные средства связи: материалы XII Междунар. науч.-техн. конф., Минск–Нарочь, 25–29 сент. 2007 г. / БГУИР, ВГКС; редкол.: М.А. Баркун [и др.]. – Минск, 2007. – С. 50–51.

7–А. Колбун, Н.В. Исследование эффективности влагосодержащих экранов электромагнитного излучения / Н.В. Колбун, Т.А. Пулко, Х.М. Алялябад, Л.М. Лыньков // Актуальные вопросы испытаний, стандартизации и сертификации вооружения и военной техники: материалы науч.-техн. семинара, Минск, 13 ноябр. 2007 г. / ВА РБ; редкол.: В.И. Ионашку [и др.]. – Минск, 2007. – С. 29–31.

8–А. Пулко, Т. А. Исследование экранирующих свойств негерметизированных силикагелевых материалов / Т. А. Пулко, Н. В. Колбун // Современная радиоэлектроника: научные исследования и подготовка кадров: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 23–24 апр. 2008 г. / МГВРК; редкол.: Н. А. Цырельчук [и др.]. – Минск, 2008. - С. 66–68.

9—А. Пулко, Т. А. Влияние жизнедеятельности микроорганизмов на взаимодействие влагосодержащих композиционных материалов с ЭМИ СВЧ и видимого диапазонов / Т. А. Пулко, Ю. В. Муренко // Международная науч.-техн. конф., посвящ. 45-летию МРТИ: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19 марта 2009 г. / БГУИР; в авт. редакции. — Минск, 2009. — С. 194–195.

10—А. Пулко, Т. А. Консервация водных наполнителей для экранов электромагнитного излучения СВЧ диапазона / Т. А. Пулко, Н. В. Колбун, Л. М. Лыньков, А. А. Позняк // Милекс-2009: материалы 4-й Междунар. науч. конф. по воен.-техн. проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения, Минск, 20–21 мая 2009 г. / Минобор. РБ; редкол.: В.Е. Кратенок [и др.]. — Минск, 2009. — С. 278–280.

11—А. Колбун, Н. В. Средства обеспечения экологической безопасности человека при воздействии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона / Н. В. Колбун, А. М. Прудник, Т. А. Пулко, Л. М. Лыньков // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: материалы IX Междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая 2009 г. / МГЭУ им. А. Д.Сахарова; редкол.: С. П. Кундас [и др.] — Минск, 2009. — С. 295 – 296.

12—А. Пулко, Т. А. Влияние температуры и скорости воздушного потока на влагосодержание капиллярно-пористых материалов / Т. А. Пулко, А. Х. Абдулькадер // Технические средства защиты информации: материалы VII Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 23–24 июня 2009 г. / Мин. обр. РБ, Гос. центр безопасности инф.; редкол.: В. Ф. Голиков [и др.]. — Минск, 2009. — С. 88–89.

13—А. Колбун, Н.В. Композиционные материалы для электромагнитного и акустического экранирования / Т. А. Пулко, С. Н. Петров, А. М. Прудник, Л. М. Лыньков // Многофункциональные материалы в современной технике и методы их получения. Материалы для микро- и нанoeлектроники. — Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2009, — С.179 – 184.

14—А. Пулко, Т.А. Водосодержащие структуры для снижения заметности объектов в радиолокационном диапазоне длин волн / Т.А. Пулко, Н.В. Колбун // Управление информационными ресурсами: материалы VII международной науч.-практич. конф., Минск, 25 нояб. 2009 г. / Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь; редкол.: В.А. Богущ [и др.]. — Минск, 2009. — С. 206 – 207.

15—А. Пулко, Т. А. Влагосодержащие макроструктуры для имитации биологической ткани / Н. В. Колбун, А. М. Прудник, Т. А. Пулко, Л. М. Лыньков // Сахаровские чтения 2010 года: экологические проблемы XXI века: материалы X Международной науч. конф., Минск, 20–21 мая 2010 г. / МГЭУ им. А. Д. Сахарова; редкол.: С. П. Кундас [и др.]. — Минск, 2010. — С. — 273.

16–А. Пулко, Т. А. Эффективность экранирования ИК-излучений влаго-содержащими композиционными материалами / Т. А. Пулко, Н. В. Насонова, А. Х. Абдулкадер // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: материалы XX Междунар. Крымской конф., Севастополь, 13–17 сент. 2010 г. / СевНТУ; редкол.: П. П. Ермолов [и др.]. – Севастополь, 2010. – С. 940–942.

17–А. Сафранков, П. И. Спектральные характеристики матриц с растворными включениями / П. И. Сафранков, Т. А. Пулко, Н. В. Насонова // Современные средства связи: материалы XV Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 28–30 сент. 2010 г. / ВГКС; редкол.: А. О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2010. – С. 97–98.

18–А. Пулко, Т. А. Эффективность экранирования электромагнитного излучения сотового телефона водосодержащими экранирующими материалами / Т. А. Пулко, Н. В. Насонова, А. А. Казека // Медэлектроника – 2010 : сб. науч. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 8–9 дек. 2010 г. / БГУИР; редкол.: В. С. Улащик [и др.]. – Минск, 2010. – С. 157–159.

19–А. Пулко, Т. А. Защита от электромагнитного излучения базовых станций сотовой связи с использованием композиционных экранирующих материалов / Т. А. Пулко, Н. В. Насонова // Медэлектроника – 2010 : сб. науч. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 8–9 дек. 2010 г. / БГУИР; редкол.: В. С. Улащик [и др.]. – Минск, 2010. – С. 173–175.

20–А. Пулко, Т. А. Способ снижения электромагнитного излучения системных блоков персональных компьютеров / Т. А. Пулко, Н. В. Насонова, А. А. Казека // Медэлектроника – 2010 : сб. науч. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 8–9 дек. 2010 г. / БГУИР; редкол.: В. С. Улащик [и др.]. – Минск, 2010. – С. 157–159.

21–А. Pulko, T. Stabilization of shielding efficiency of electromagnetic radiation shields based on liquid-containing composite materials / T. Pulko, N. Kolbun, A. Proudnik, L. Lynkov // Electromagnetic disturbances EMD 2008: proceedings of the 18th International Conference, Vilnius, Lithuania, Sept. 25–26, 2008 / Vilnius Gediminas Technical University; edited: R. Rinkeviciene [and others]. – 2008. – Vilnius, Lithuania. – P. 191–194.

22–А. Pulko, T. A Microwave radiation shielding effectiveness of composite liquid-containing materials in dependence on hygroscopic properties of the compounds / T. A. Pulko, N. V. Kolbun, L. M. Lynkov // Electromagnetic disturbances EMD 2008: proceedings of the 18th International Conference, Białystok, Poland, Sept. 23–25, 2009 / Białystok Technical University; edited: R. Rinkeviciene [and others]. – Białystok, Poland, 2009. – P. 98–103.

23–А. Pulko, T. Solution composition influence on the optical characteristics of liquid-containing composite materials / T. Pulko, P. Safrankov, N. Nasonova // Optical Techniques and Nano-Tools for Material and Life Sciences: International Conference, Minsk, June 15–19, 2010 / B.I. Stepanov Institute of Physics of National Academy of Sciences of Belarus; edited: N.S. Kazak. – Minsk, 2010. – P. 80–84.

Тезисы докладов на научных конференциях

24–А. Пулко, Т. А. Стабилизация влагосодержания и экранирующих ЭМИ свойств влагосодержащих силикагелевых материалов / Т. А. Пулко, Н. В. Колбун // Технические средства защиты информации: материалы IV Белорус.–российск. науч.-техн. конф., Минск, 21–22 мая 2008 г. / Мин. обр. РБ, Гос. центр безопасности инф.; редкол.: В. Ф. Голиков [и др.]. – Минск, 2008. – С. 80.

25–А. Пулко, Т. А. Оптические характеристики влагосодержащих материалов, содержащих микроорганизмы / Т. А. Пулко, Н. В. Колбун // Современные средства связи: материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 7–9 окт. 2008 г. / БГУИР, ВГКС; редкол.: М. А. Баркун [и др.]. – Минск, 2008. – С. 127.

26–А. Пулко, Т. А. Выбор гидрофильных сорбентов для композиционных радиопоглощающих материалов СВЧ диапазона / Т. А. Пулко, Н. В. Колбун // Современные средства связи: материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 29 сент. – 1 окт. 2009 г. / БГУИР, ВГКС; редкол.: М. А. Баркун [и др.]. – Минск, 2009. – С. 146.

27–А. Пулко, Т. А. Электрические свойства поглощающих ЭМИ влагосодержащих композиционных материалов / Т. А. Пулко, А. Н. Осипов, М. В. Давыдов // Технические средства защиты информации: материалы VIII Белорус.–российск. науч.-техн. конф., Браслав, 24 – 28 мая 2010 г. / Мин. обр. РБ, Гос. центр безопасности инф.; редкол.: В. Ф. Голиков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 111.

28–А. Пулко, Т. А. Выбор растворных наполнителей влагосодержащих экранирующих материалов для защиты информационных объектов от воздействия электромагнитных излучений / Т. А. Пулко, Г. А. Пухир, Н. В. Насонова // Технические средства защиты информации: материалы VIII Белорус.–российск. науч.-техн. конф., Браслав, 24–28 мая 2010 г. / Мин. обр. РБ, Гос. центр безопасности инф.; редкол.: В. Ф. Голиков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 76.

29–А. Пулко, Т. А. Повышение огнестойкости влагосодержащих экранирующих материалов / Т. А. Пулко, Н. В. Насонова // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных: материалы докл. Междунар. науч.-техн. семинара, 20–24 сент. 2010 г. / БГУИР; редкол.: В. К. Конопелько [и др.]. – Браслав, 2010. – С. 87 – 88.

30–А. Пулко, Т. А. Электромагнитные свойства влагосодержащих композиционных материалов при пониженных температурах / Т. А. Пулко, Н. В. Насонова // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных: материалы докл. Междунар. науч.-техн. семинара, 20–24 сент. 2010 г. / БГУИР; редкол.: В. К. Конопелько [и др.]. – Браслав, 2010. – С. 14 – 15.

31–А. Пулко, Т.А. Исследование оптических свойств влагосодержащих синтетических материалов при пониженных температурах / Т.А. Пулко, Н. В. Насонова // Современные средства связи: материалы XV Междунар. науч.–техн. конф., Минск, 28–30 сент. 2010 г. / ВГКС; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2010. – С. 93.

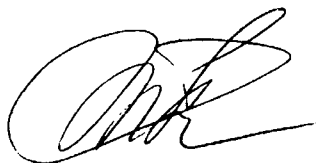
Патенты

32–А. Поглотитель электромагнитной энергии излучения: пат. 4705 Респ. Беларусь, МПК7 Н 01 Q 17/00 / Л. М. Лыньков, Н. В. Колбун, Т. В. Борботько, Т. А. Пулко, Х. М. Альлябад; заявитель Белорус. гос. ун–т информатики и радиоэлектроники – № 20080054; заявл. 29.01.2008, опубл. 30.06.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – №5 – С. 228.

33–А. Поглотитель электромагнитной энергии излучения: пат. 5137 Респ. Беларусь, МПК7 Н 01 Q 17/00 / Л. М. Лыньков, Н. В. Колбун, Т. В. Борботько, Т. А. Пулко, Х. М. Альлябад, А. А. Позняк; заявитель Белорус. гос. ун–т информатики и радиоэлектроники – № 20080547; заявл. 07.07.2008, опубл. 16.12.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №2 – С. 208

34–А. Защитная рукавица: пат. 6604 Респ. Беларусь, МПК А 41D 13/05 / Л. М. Лыньков, Н. В. Насонова, Т. В. Борботько, Т. А. Пулко; заявитель Белорус. гос. ун–т информатики и радиоэлектроники – № 20100137; заявл. 15.02.2010; опубл. 30.10.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – №7. – С. 218.

35–А. Тепловой экран: пат. 6986 Респ. Беларусь, МПК С 09К 5/00 / Л. М. Лыньков, Н. В. Насонова, Т. В. Борботько, Т. А. Пулко, А. Х. Абдулькадер; заявители Л. М. Лыньков, Н. В. Насонова, Т. В. Борботько, Т. А. Пулко, А. Х. Абдулькадер – № 20100386; заявл. 20.04.2010; опубл. 28.02.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – №12. – С. 216.



**Стабільнасць водазмяшчальных канструкцый
экранаў электрамагнітнага выпраменьвання
для абароны інфармацыі ад працёку па тэхнічных каналах**

Ключавыя словы: электрамагнітнае экранаванне, водазмяшчальныя капілярна-сілаватыя матэрыялы, развіццё цвілевых грыбок, хларыд кальцыя, полівінілавы спірт, гіграскапічнасць, гідрафільнасць, экраны электрамагнітнага выпраменьвання, маскі аптычнага выпраменьвання.

Мэта працы: заключаецца ў даследаванні працэсаў стабілізацыі водазмяшчальнасці капілярна-сілаватыя матэрыялаў, стварэнні паглынальных канструкцый на іх аснове і распрацоўцы экранаў электрамагнітнага выпраменьвання.

Метады даследавання і апаратура: эксперыментальнае даследаванне раўнавагі рашчынавага напаўняльніка і палімернага пакрыцця, а таксама экрануючых уласцівасцяў матэрыялаў і канструкцый на аснове тканых і нетканых, грануляваных і парашкападобных матэрыялаў пры дапамозе адмысловага тэхналагічнага і вымяральнага абсталявання.

Атрыманыя вынікі і іх назірна: прапанаваны спосаб стабілізацыі водазмяшчальнасці капілярна-сілаватыя матэрыялаў, незалежна ад наяўнасці герметызуючых пластоў, уведам гіграскапічнае солі лужназемельнага металу ў рашчынавы напаўняльнік, што дазваляе кіраваць зменаю характарыстык аслаблення (ад 5,5 да 15 дБ) і адбіцця (ад -15,0 да -1,2 дБ) электрамагнітнага выпраменьвання ў часцінёвым дыяпазоне 8,0...11,5 ГГц з сярэднім каэфіцыентам водазмяшчальнасці 1,05. Паказана, што выкарыстанне метада кансервацыі гіграскапічнага рашчынавага напаўняльніка пры дапамозе крышталічнага палімера на паверхні капілярна-сілаватыя матэрыялаў прыводзіць да стабілізацыі велічыні аслаблення электрамагнітнага выпраменьвання ў часцінёвым дыяпазоне 8,0...11,5 ГГц у межах 7,0...9,5 дБ. Выяўлены асаблівасці спектральна-палярызацийных характарыстык вільгацезмяшчальных капілярна-сілаватыя матэрыялаў, якое складаецца ў павелічэнні спектральнага каэфіцыента зыркасці ў межах 0,006...0,92 і ступені палярызацыі 0,015...0,6 у дыяпазоне даўжынёў хваляў 440...700 нм.

Ступень выкарыстання: распрацаваныя элементы канструкцый ужытыя ў галіне распрацоўкі экранаў электрамагнітнага выпраменьвання ў установе адукацыі «Ваеннай акадэміі Рэспублікі Беларусь» і ў навучальным працэсе установы адукацыі «Міжнародны дзяржаўны экалагічны ўніверсітэт ім. Сахарава».

Вобласць ўжывання: вырабы прадпрыемстваў электроннае і радыётэхнічнае прамысловасці.

**Стабильность водосодержащих конструкций экранов
электромагнитного излучения для защиты информации от утечки по
техническим каналам**

Ключевые слова: электромагнитное экранирование, водосодержащие капиллярно-пористые материалы, развитие плесневых грибков, хлорид кальция, поливиниловый спирт, гигроскопичность, гидрофильность, экраны электромагнитного излучения, маски оптического излучения.

Цель работы состоит в исследовании процессов стабилизации влагосодержания капиллярно-пористых материалов, создании поглощающих материалов на их основе и разработке экранов электромагнитного излучения.

Методы исследования и аппаратура: экспериментальное исследование равновесности растворного наполнителя и полимерного покрытия, а также экранирующих свойств материалов и конструкций на основе тканых и нетканых, гранулированных и порошкообразных материалов при помощи специального технологического и измерительного оборудования.

Полученные результаты и их новизна: предложен способ стабилизации влагосодержания капиллярно-пористых матриц независимо от наличия герметизирующих слоёв посредством введения гигроскопичной соли щелочноземельного металла в растворный наполнитель, что позволило управляемо изменять характеристики ослабления (от 5,5 до 15 дБ) и отражения (от -15,0 до -1,2 дБ) электромагнитных волн в диапазоне СВЧ 8,0...12 ГГц со средним коэффициентом влагосодержания 1,05. Показано, что применение метода консервации гигроскопичного растворного наполнителя посредством кристаллического полимера на поверхности капиллярно-пористых материалов приводит к стабилизации величины ослабления электромагнитного излучения в частотном диапазоне 8,0... 11,5 ГГц в пределах 7,0...9,5 дБ. Установлены особенности спектрально-поляризационных характеристик влагосодержащих капиллярно-пористых матриц, заключающиеся в увеличении спектрального коэффициента яркости в пределах 0,006... 0,92 и степени поляризации 0,015... 0,6 в диапазоне длин волн 440... 700 нм.

Степень использования: – разработанные элементы конструкций применены в области разработки экранов электромагнитного излучения в учреждении образования «Военная академия Республики Беларусь» и в учебном процессе учреждения образования «Международный государственный экологический университет им. Сахарова».

Область применения: изделия предприятий электронной и радиотехнической промышленности.

Stability of water-containing EMR shields intended for information protection against its leakage via technical channels

Keywords: electromagnetic shielding, water-containing capillary-porous materials, mold fungi, calcium chloride, hygroscopicity, hydrophilicity, polyvinyl alcohol, electromagnetic radiation shields, optical radiation masks.

Aim of work is to study the processes of stabilization of the moisture content of porous materials, as well as to develop absorbing materials intended to absorb electromagnetic radiation.

Research techniques and facilities: an experimental study of solution content equilibrium and polymer coatings as well as the shielding properties of materials based on textile, non-textile, granulated and powdered materials by means of special technology and measuring equipment.

Research Methods and devices: an experimental study of equilibrium mortar filler and the polymer coating, and shielding properties of materials and structures based on woven and nonwoven, granular and powdered materials by means of special technology and measuring equipment.

Obtained results and their novelty: a technique for stabilizing the moisture content of porous matrices, regardless of the presence of hermetic layers, by introducing a hygroscopic salt of an alkaline earth metal filler in the solution, which allowed to control the characteristics of attenuation (from 5,5 to 15 dB) and reflection (from -15,0 to -1,2 dB) of electromagnetic waves in the microwave range 8,0-12,0 GHz with an average ratio of moisture content 1,05. It is shown that the application of conservation hygroscopic mortar filler through crystalline polymer on the surface of the capillary-porous materials leads to the stabilization of the attenuation of electromagnetic radiation in the frequency range of 8,0...11,5 GHz in the range 7,0...9,5 dB. The peculiarities of the spectral and polarization characteristics of water-containing capillary-porous matrices, which consist in increasing the spectral brightness coefficient in the range 0,006...0,92 and the degree of polarization of 0,015...0,6 in the wavelength range 440...700 nm.

Utilization degree: developed construction elements are used in field of electromagnetic shields in "Military Academy of the Republic of Belarus" and studying process in "Sakharov International State Ecologic university".

Application area: electronic and radio engineering industry

Научное издание

ПУЛКО Татьяна Александровна

**СТАБИЛЬНОСТЬ ВОДОСОДЕРЖАЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ КАНАЛАМ**

специальности:

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

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

Подписано в печать 15.03.2011.	Формат 60×84 ¹ / ₁₆ .	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Отпечатано на ризографе.	Усл. печ. л. 1,63.
Уч.-изд. л. 1,4.	Тираж 60 экз.	Заказ 132.

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