

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УДК 621.315.5; 621.3.013

АЛЬЛЯБАД  
ХУССЕЙН МОХАМЕД

**ВОДОСОДЕРЖАЩИЕ ВСПЕНЕННЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ  
КОНСТРУКЦИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ  
ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ  
ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ, ОПТИЧЕСКИМ И  
АКУСТИЧЕСКИМ КАНАЛАМ**

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

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

Минск 2010

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

Научный  
руководитель

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

Официальные  
оппоненты

**Смирнов Александр Георгиевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры микро- и нанoeлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

**Горшков Сергей Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры радиолокации и приема-передающих устройств учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь».

Оппонирующая  
организация

Открытое акционерное общество «Гипросвязь».

Защита состоится «11» ноября 2010 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, Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд. 232, тел.: 293-89-89, e-mail: dissovvet@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Защита информации от утечки по техническим каналам осуществляется как активными, так и пассивными методами и средствами. Основным пассивным методом противодействия возможной утечке информации по электромагнитным и акустическим каналам является использование защитных экранов в виде интегральных панелей, в том числе и на гибкой основе, располагаемых между источником информации и аппаратурой перехвата.

Применение интегральных панелей комплексной электромагнитно-акустической защиты с использованием различных датчиков, включая методы оптического зондирования в диапазоне длин волн видимого и ближнего ИК-излучений, снижает возможность перехвата информационных электромагнитных полей, а акустической информации — с помощью технических средств прослушивания переговоров.

Для ослабления нежелательных излучений на современном этапе используются различные диэлектрические и магнитные материалы, а также металлы.

К основным недостаткам таких материалов относятся их достаточно высокая стоимость, большой показатель массы, подверженность коррозии, необходимость разработки дополнительной технической оснастки и оборудования для сборки.

Развитие чувствительности датчиков современных систем обработки перехватываемой информации выдвигает дополнительные требования как к установке интегральных панелей защиты в строительные элементы конструкций (стены, перекрытия, дверные тамбуры и т.п.), так и к возможности установки дополнительных переносных экранирующих устройств.

Использование законсервированных водных растворов в конструкциях экранов ЭМИ позволяет повысить широкодиапазонность их эксплуатации в СВЧ-области, управляемо изменять оптические характеристики их поверхности. Влагосодержащие порошкообразные материалы в различных технологических наполнителях и красках достаточно устойчивы к низким (до  $-30^{\circ}\text{C}$ ) и высоким (до  $+100^{\circ}\text{C}$ ) эксплуатационным температурам и могут быть нанесены на любые поверхности и элементы конструкций.

В диссертационной работе приведены основные результаты исследований, направленных на повышение эффективности новых конструкций экранов электромагнитного излучения в сантиметровом, миллиметровом и оптическом диапазонах длин волн на основе водосодержащих и полимерных материалов в форме пены. Изучено ослабление звука в элементах конструкций из таких материалов и предложены принципы построения и использования интегральных панелей для систем технической защиты информации.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», часть исследований проводилась в рамках задания Государственной комплексной программы научных исследований «Наноматериалы и нанотехнологии» (2006 – наст. вр., № г.р. 20063326).

### Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является исследование эффективности новых конструкций экранов для систем защиты информации от утечки по акустическому, оптическому и электромагнитному каналам на основе водосодержащих пен и полимерных вспененных материалов с различными наполнителями.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести обоснование выбора водосодержащих пен с различными порошкообразными наполнителями и конструкций экранов ЭМИ на их основе и исследовать их массогабаритные характеристики.

2. Исследовать влияние состава растворных наполнителей, закрепляемых во вспененных полимерных материалах, и формируемых на их поверхности покрытий из различных порошкообразных материалов на характеристики подавления и отражения электромагнитных волн для пассивных средств защиты информации по оптическим и электромагнитным каналам утечки.

3. Исследовать влияние температуры на свойства разрабатываемых конструкций экранов ЭМИ.

4. Исследовать характеристики звукоослабления во вспененных полимерных материалах, содержащих растворные и порошкообразные наполнители в объеме и на поверхности.

5. Разработать рекомендации по использованию разработанных конструкций экранов в качестве основы укрытий для маскирования источников электромагнитных волн (в том числе отраженных) в СВЧ- и оптическом каналах утечки, элементов архитектуры и строительства при создании изолированных помещений.

В качестве объекта исследования выбраны методы построения интегральных панелей для систем защиты информации от утечки по техническим каналам. Предметом исследования являются характеристики ослабления и отражения экранов ЭМИ, спектрально-поляризационные свойства порошкообразных и влагосодержащих вспененных материалов, а также характеристики ослабления звуковых колебаний.

### Положения, выносимые на защиту

1. Конструкция экрана ЭМИ СВЧ-диапазона — в виде пространственной твердотельной оболочки, заполненной водосодержащей

дисперсной фазой, основанной на введении порошкообразных мелкодисперсных силикагелей, шунгита, диоксида титана, хлористого натрия, что позволило повысить эффективность экранирования в диапазоне частот 8...11,5 ГГц по характеристике коэффициента отражения до -15 дБ при условии максимально возможного ослабления ЭМИ (за счет применения металлического отражателя).

2. Комбинированная конструкция экрана ЭМИ в виде фольгированного вспененного полимерного материала, основанная на введении дополнительного слоя покрытия из порошкообразного диоксида титана и шунгита в полимерном связующем, что позволило снизить массогабаритные характеристики экрана до 1 кг на м<sup>2</sup> при толщине до 10 мм при одновременном сохранении эффективности экранирования в СВЧ-диапазоне и снижении спектральных характеристик яркости с 0,8 до 0,35 в диапазоне 440...1040 нм.

3. Элементы гибких конструкций звукоизолирующих вспененных материалов, основанных на введении во вспененную матрицу водосодержащих порошкообразных материалов, создающие ослабление акустических сигналов от 20 до 80 дБ в диапазоне частот 100–8000 Гц при одновременном ослаблении ЭМИ в диапазоне частот 0,7–150 ГГц свыше 30 дБ и коэффициенте отражения (-2) ...(-12) дБ.

#### **Личный вклад соискателя**

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в научном обосновании возможности использования жидкостных и твердотельных вспененных материалов с растворными и порошкообразными наполнителями в качестве элементов средств защиты информации от утечки по электромагнитному, оптическому и акустическому каналам со сниженными массо-габаритными характеристиками, подготовке и проведении всех экспериментов по исследованию их характеристик и свойств, разработке конструкций технических барьеров для подавления указанных каналов утечки.

Определение целей и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились совместно с научным руководителем, д-ром техн. наук Л.М. Лыньковым, канд. техн. наук Н.В. Насоновой.

#### **Апробация результатов диссертации**

Основные результаты, изложенные в диссертационной работе обсуждались на XVIII и XIX Международных конференциях «Electromagnetic disturbances EMD'2008, '2009» (Vilnius, Lithuania, 2008, Białystok, Poland, 2009), VI, VII и VIII Белорусско-российских научно-технических конференциях «Технические средства защиты информации» (Минск, Беларусь, 2008, 2009, 2010 гг.), XII и XIV Международных научно-технических конференциях «Современные средства связи» (Беларусь, 2007, 2010 гг.), IV Международной научной конференции по военно-техническим

проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения «МИЛЕКС-2009» (Минск, 2009 г.).

### **Опубликованность результатов диссертации**

По материалам диссертации опубликовано 22 работы, в том числе 1 монография, 6 статей в научных журналах, 7 статей в сборниках материалов научных конференций и 6 тезисов докладов. Получены 2 патента Республики Беларусь на полезные модели. Общее количество страниц опубликованных работ по теме диссертации составляет 116 (6,15 авторского листа).

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, списка использованных источников и приложений. В первой главе проведен анализ технических средств защиты информации от утечки по акустическим и электромагнитным каналам, включая визуально-оптические. Охарактеризованы основные методы и материалы для снижения уровня электромагнитных и акустических колебаний источников информации. Вторая глава содержит обоснование выбора вспененных материалов в качестве основы экранов электромагнитного излучения и акустических колебаний; приведены методики исследования их параметров в различных диапазонах длин волн, изложены методики исследования экранирующих характеристик предлагаемых материалов, приведены результаты оценки массогабаритных характеристик вспененных матриц. Третья глава содержит результаты исследования электромагнитных характеристик экранов на основе водосодержащих пен, полимерных вспененных материалов с порошкообразными наполнителями. Четвертая глава содержит рекомендации по практическому применению исследованных экранов для создания пассивных средств защиты информации от утечки по техническим каналам. В приложениях представлены акты об использовании и внедрении результатов диссертационной работы в области разработки экранирующих материалов для обеспечения защиты элементов и компонентов РЭА от воздействия электромагнитного излучения ООО «Белфритекс» и в учебный процесс учреждения образования «Высший государственный колледж связи».

Общий объем диссертационной работы составляет 153 страниц, из которых 97 страниц текста, 80 рисунков на 28 странице, 20 таблиц на 10 страницах, приложение на 3 страницах, библиография из 152 источников на 15 страницах, включая список из 22 собственных публикаций автора на 3 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, определены основные направления исследований и показана необходимость проведения исследований для разработки новых технических средств защиты информации от утечки по акустическому, электромагнитному каналам на основе вспененных материалов с различными наполнителями с высокой эффективностью и сниженными массогабаритными характеристиками.

**В первой главе** приведен обзор технических каналов утечки информации, и дан анализ основных пассивных технических методов и средств защиты информации, направленных на снижение уровня информационного сигнала в виде акустических, оптических и электромагнитных волн. Рассматриваются основные принципы экранирования радиочастотных, акустических и оптических сигналов, материалы и конструкции, их реализующие. Показана необходимость в защитных экранах, способных подавлять одновременно несколько видов технических каналов утечки информации и обладающих невысокими массогабаритными характеристиками, гибкостью и универсальностью применения.

**Во второй главе** проводится обоснование применения вспененных материалов в качестве основы для экранов электромагнитного излучения. На основе анализа свойств пен предложены образцы в виде дисперсной фазы газа, разделенной жидкостью в виде пленок, заполняющих жесткие или мягкие чехлы, и в виде пространственных вспененных каркасов из полимеров, служащих матрицей для наполнителя. Показано, что разработанные материалы представляют собой облегченные конструкции, обладающие сниженной характеристикой удельной массы до 2...3 раз по сравнению с другими аналогичными конструкциями. В качестве наполнителей матриц из вспененных фольгированных полиуретанов и полиэтиленов предложены жидкостные технологические наполнители, дополнительно наносимые порошковые материалы (шунгит, диоксид титана, силикагель в связующем). Исследования массы таких структур показали возможность получения экранов с массой от 0,3 до 4 кг на 1 м<sup>2</sup>, что в несколько раз меньше по сравнению с экранами на трикотажной основе (таблица 1).

Исследования эффективности экранирующих средств производили в зависимости от их предполагаемого применения для подавления электромагнитных, акустических и визуально-оптических каналов утечки информации. Характеристики ослабления электромагнитного излучения исследовались в СВЧ-диапазоне с использованием анализаторов цепей и антенно-измерительного комплекса. Особенности взаимодействия предложенных материалов с излучением оптического видимого диапазона изучались на гониометрической установке со спектроанализатором с поляризационной насадкой. Исследования звукоизоляционных свойств выполнялись на экспериментальной акустической установке по определению

разности уровней звукового давления при прохождении звука через исследуемый образец.

Таблица 1 – Масса образцов на основе вспененных матриц

Тип матрицы	Вид наполнителя	Масса 1 м <sup>2</sup> , кг
Вспененный полиуретановый порошпаст	Жидкий технологический наполнитель	0,361 – 0,943
Вспененный полиуретановый порошпаст	Связующее + силикагель	1,546 – 4,303
Вспененный полиуретановый порошпаст	Связующее + шунгит	1,989 – 2,730
Вспененный полиуретановый порошпаст	Связующее + диоксид титана	0,712 – 2,703
Газовспененный несшитый фольгированный полиэтилен	Связующее + силикагель	1,354 – 1,616
Газовспененный несшитый фольгированный полиэтилен	Связующее + шунгит	1,796 – 1,835
Газовспененный несшитый фольгированный полиэтилен	Связующее + диоксид титана	0,566 – 0,693
Водосодержащие короткоживущие вспененные материалы	Пена + шунгит / силикагель	7, 138 при толщине 0,1 м

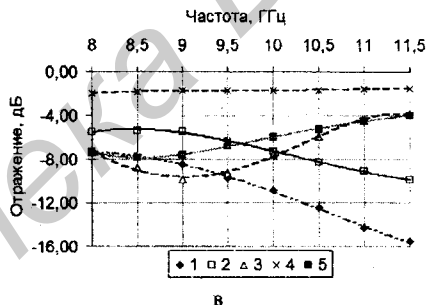
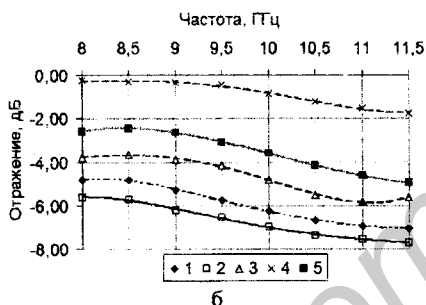
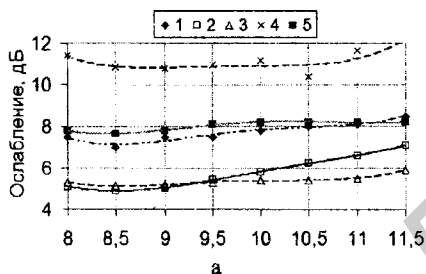
**В третьей главе** приведены результаты исследований характеристик эффективности ослабления электромагнитного излучения разработанными экранирующими материалами на основе вспененных матриц.

Исследования особенностей взаимодействия дисперсных жидких сред в виде пространственного каркаса, заполненного жидкой или газообразной дисперсионной средой, с электромагнитным излучением СВЧ-диапазона путем оценки эффективности поглощения и отражения ЭМИ показали, что в отличие от объемных водных сред одинаковой толщины (3 мм) ослабление ЭМИ дисперсным водным раствором меньше на 5 дБ и составляет 8 дБ, коэффициент отражения при этом составляет –7...–6 дБ, что на 3...4 дБ ниже аналогичных характеристик объемной воды. Взаимодействие электромагнитного излучения с пространственным каркасом жидкости вспененных материалов описывается процессами рассеяния на границах раздела двух сред с различными электромагнитными свойствами. Экранирующие свойства материалов определяются кратностью пены и составом раствора пенообразующей жидкости и могут быть изменены в некоторых пределах путем использования различных наполнителей.

Полученные результаты показывают, что использование дисперсных водосодержащих систем позволяет получить экранирующий материал с невысоким коэффициентом отражения, обладающий малой массой. Однако его применение требует решения проблемы устойчивости дисперсионной фазы.



Для увеличения эффективности экранирования жидкостных вспененных материалов предложена методика введения водных наполнителей, содержащих порошкообразные мелкодисперсные силикагели, шунгит, диоксид титана, хлористый натрий, размещаемых в пространственных каркасах жидкости, что позволило получить экранирующие характеристики от  $-8$  до  $-15$  дБ коэффициента отражения при условиях максимально возможного ослабления ЭМИ (за счет применения металлического отражателя) в диапазоне частот  $8 \dots 11,5$  ГГц (рисунок 1).



а, б - пенополимерный материал с водными растворами различного состава; в - многослойная конструкция с металлическим отражателем; 1 — водный вспененный раствор; 2 — водный вспененный раствор с порошком силикагеля 7:3 (об.); 3 — водный вспененный раствор с порошком шунгита 7:3 (об.); 4 — водный вспененный раствор с порошком диоксида титана 7:3 (об.); 5 — водный вспененный раствор NaCl

**Рисунок 1 – Частотные зависимости ослабления и коэффициента отражения ЭМИ**

Для снижения массогабаритных характеристик защитных экранов предложено использовать в качестве матриц экранов твердые пенополимерные материалы, формирующие пространственную дисперсную структуру различных жидкостей.

Механизм поглощения электромагнитной энергии водой связан с процессом ориентационной дипольной релаксации. Введение проводящих компонентов в раствор дополнительно создает потери на проводимость за счет возникновения вихревых токов в электролите. Использование органических и неорганических добавок, формирующих соединения с молекулами воды и ограничивающих их движение в электрическом поле,

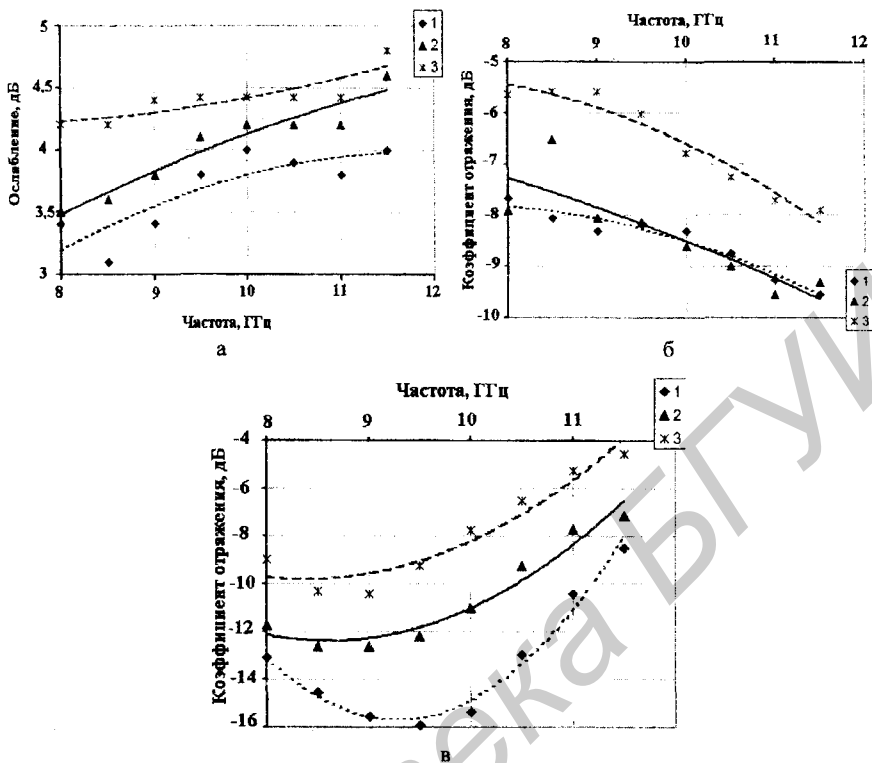
приводит к уменьшению диэлектрических потерь жидкости, снижению общей эффективности экранирования ЭМИ однослойным влагосодержащим материалом и понижению уровня коэффициента отражения.

Результаты исследований влияния состава растворного наполнителя на экранирующие характеристики водосодержащих полимерных вспененных материалов показывают, что использование водных растворов электролитов позволяет получить ослабление ЭМИ до 12,5 дБ в диапазоне частот 8,0...11,5 ГГц при толщине вспененной основы 5 мм. Коэффициент отражения при этом составляет  $-5,1...-3,4$  дБ. Снижение коэффициента отражения ЭМИ до  $-20,4...-11,3$  дБ достигается использованием водных растворов органических и неорганических соединений, что приводит к понижению концентрации воды, а следовательно, снижению проводимости и диэлектрической проницаемости раствора за счет связывания молекул воды. Многослойная конструкция, в которой в качестве второго слоя установлен металлическая фольга, позволяет получить максимальную эффективность ослабления ЭМИ (до 40 дБ) при нерезко выраженном резонансном характере частотной зависимости коэффициента отражения вследствие неоднородной структуры поглощающего материала в пределах  $-15,6...-12,1$  дБ.

Пропитка вспененного материала суспензией  $\text{TiO}_2$  приводит к формированию большого количества границ раздела свободное пространство–материал с потерями, что приводит к возникновению многочисленных переотражений электромагнитных волн внутри гетерогенной структуры сформированного композиционного материала и рассеянию энергии ЭМИ. Невысокий уровень ослабления ЭМИ образцами (до 4,75 дБ) обусловлен небольшой толщиной формируемых слоев диэлектрика с потерями и небольшим вкладом механизма поглощения в общую эффективность экранирования. Величина ослабления ЭМИ пропорциональна концентрации поглощающего наполнителя (рисунок 2).

Диспергированием  $\text{TiO}_2$  во вспененной полимерной матрице были получены экранирующие материалы со значением коэффициента отражения  $-5,0...-16,0$  и ослаблением ЭМИ порядка 40 дБ в частотном диапазоне 8...11,5 ГГц.

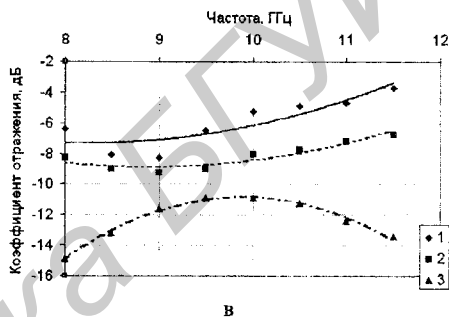
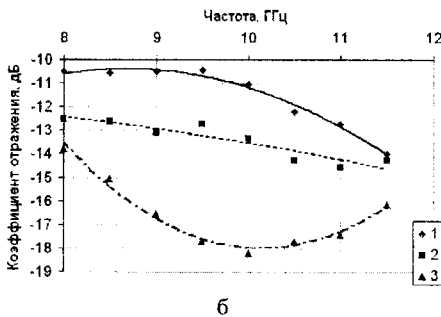
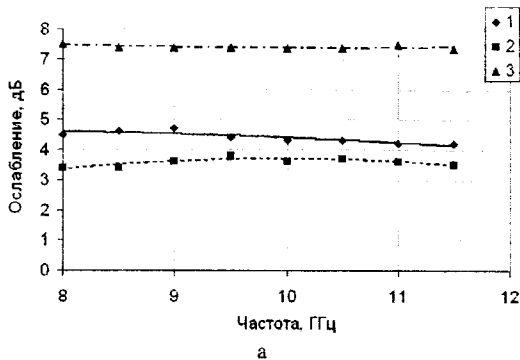
Результаты измерений экранирующих характеристик полимерных матриц, пропитанных коллоидными растворами порошкообразных сорбентов, показывают, что эффективность ослабления электромагнитного излучения определяется содержанием порошкообразного сорбента и максимальна при концентрации 7:3 (порядка 7,5 дБ). При снижении содержания порошка до 50% ослабление уменьшается до 4,5 дБ, образец с 30%-ной концентрацией сорбента обеспечивает экранирование ЭМИ 3,5 дБ в диапазоне частот 8...11,5 ГГц (рисунок 3). При синтезе раствора наполнитель диспергируется по объему и при пропитке матрицы формирует пространственно-распределенную структуру с диэлектрическими потерями, взаимодействующую с электромагнитным излучением.



а, б – пенополимерный композиционный материал; в - многослойная конструкция с металлическим отражателем; 1 — содержание  $\text{TiO}_2$  до 10 об.%; 2 — содержание  $\text{TiO}_2$  до 40 об.%; 3 - содержание  $\text{TiO}_2$  до 60 об.%

**Рисунок 2 – Частотные зависимости ослабления и коэффициента отражения ЭМИ**

Для снижения коэффициента отражения ЭМИ исследовалась зависимость уровня отражения от толщины матрицы. Показано, что на основе разработанных композиционных материалов со вспененной полимерной матрицей возможно создание элементов экранирующих материалов с небольшим весом и невысоким коэффициентом отражения (не более  $-10$  дБ в диапазоне частот  $8...11,5$  ГГц) путем использования порошкообразного кремнийорганического наполнителя при высокой концентрации. Кроме того, технология формирования композиционного материала позволяет получать экраны с различными коэффициентами отражения ЭМИ в пределах  $-4...-17,5$  дБ.



а, б - композиционный материал при различной концентрации «сорбент : связующее»;  
 в - многослойная конструкция с металлическим отражателем; 1 -- концентрации  
 «сорбент : связующее» 3:7; 2 — 1:1; 3 — 7:3

**Рисунок 3 — Частотные зависимости ослабления и коэффициента отражения ЭМИ**

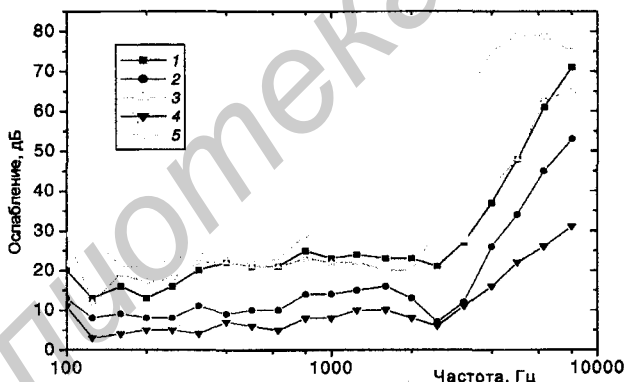
Установлено, что создание на основе из вспененных полимерных материалов слоя порошкообразных мелкодисперсных диоксида титана, шунгита, силикагеля в связующем с концентрацией 30...70% позволяет получать характеристики ослабления ЭМИ до 40 дБ и коэффициента отражения ЭМИ в пределах  $-17,7...-4,44$  дБ в частотном диапазоне 8,0...11,5 ГГц в зависимости от толщины слоя наносимого покрытия, электропроводящих и диэлектрических свойств используемого наполнителя. Масса  $1 \text{ м}^2$  полученных материалов составляет 0,7...4,3 кг, что значительно меньше массы большинства экранирующих материалов с аналогичными экранирующими характеристиками.

Исследования характеристик взаимодействия электромагнитного излучения с материалами на основе вспененных полиэтиленовых фольгированных матриц, покрытых слоем порошкообразного наполнителя в связующем показали, что наименьшим коэффициентом отражения (до  $-13...-16$  дБ) обладают образцы со смесью порошковых наполнителей диоксида титана с силикагелем и шунгитом в соотношении 2:1:1. Взаимодействие электромагнитного излучения с нанесенным слоем

происходит вследствие диэлектрических свойств силикагелевого и диоксидтитанового наполнителей и проводящих включений углерода. За счет наличия слоя металлической фольги ослабление ЭМИ всеми образцами составляет свыше 35 дБ.

В четвертой главе рассматривается стабильность экранирующих СВЧ-характеристик в температурном диапазоне  $-15...+23^{\circ}\text{C}$ ; и показано, что наиболее стабильными характеристиками обладает экран ЭМИ на основе вспененной полимерной матрицы, заполненной водным раствором глицерина и водоспиртового раствора в соотношении 3:7, изменение ослабления ЭМИ которого составляет  $0,5...0,8$  дБ, а коэффициента отражения — до 7 дБ. Экранирующие материалы с порошкообразными наполнителями обладают значительно более высокой стабильностью характеристик вследствие меньшей концентрации воды в объеме и более слабой зависимости электрофизических свойств от температуры.

Установлено, что использование вспененных полимерных рулонных материалов, в том числе и влагосодержащих, с нанесенными на их поверхность порошкообразными наполнителями из диоксида титана и шунгита позволяет получить звукоизоляцию (ослабление акустических сигналов) от 20 до 80 дБ в диапазоне частот  $100...8000$  Гц (рисунок 4), что весьма эффективно для повышения звукоизоляции отдельных помещений.



1 — образец № 1; 2 — образец № 2; 3 — образец № 3; 4 — образец № 4;  
5 — образцы № 1-4, сложенные вместе

**Рисунок 4 — Зависимость ослабления воздушного шума от частоты многослойными панелями**

Покрытие поверхности полимерных вспененных материалов с порошкообразными диоксидом титана и шунгитом (30 % углерода) позволяет снизить коэффициент спектральной яркости до 0,35 (50 % шунгита) и степень поляризации отраженного излучения до 0,11 (в 2 раза) в диапазоне длин волн  $440...1040$  нм, что сравнимо со спектрально-поляризационными характеристиками грунтов и песков (рисунки 5-6).

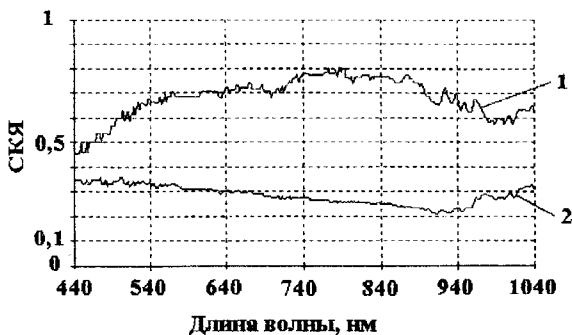


Рисунок 5 — СКЯ излучения, отраженного от образцов 1, 2 соответственно при  $\gamma=50^\circ$ ,  $\beta=0^\circ$

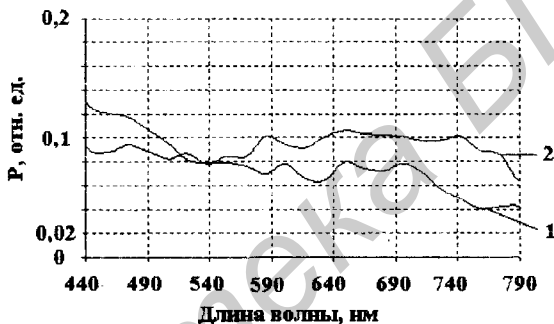


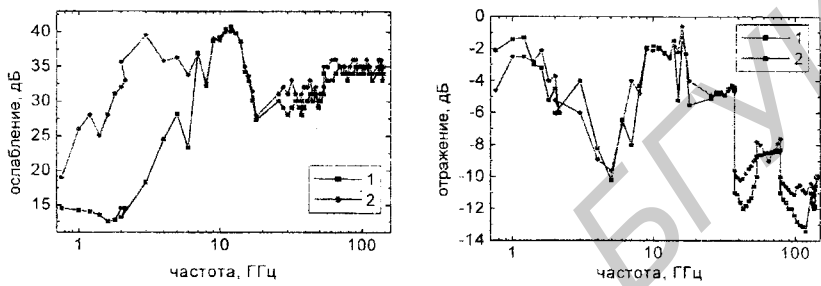
Рисунок 6 — Степень поляризации излучения, отраженного от образцов 1, 2 соответственно при  $\gamma=50^\circ$ ,  $\beta=70^\circ$

На основании проведенных исследований предложена технология создания базовых модулей экранов ЭМИ для подавления электромагнитного и акустического каналов утечки информации.

Предложенные комбинированные панели электромагнитно-акустической защиты предназначены для защиты от утечки информации по техническим (электромагнитным и акустическим) каналам путем установки панелей в строительные элементы конструкций зданий (стены, перекрытия) и дверные тамбуры, что предотвращает возможность перехвата информационных электромагнитных полей и съема акустической информации с помощью технических устройств. Основным принципом экранирования как электромагнитных, так и акустических сигналов является перенаправление энергии колебаний за счет отражения от поверхностей с геометрическими неоднородностями, а также на поглощении волн внутри материалов. При этом для увеличения эффективности экранирования предпочтение отдается многослойным структурам из материалов с различными электрическими, магнитными и звукопоглощающими

свойствами, что позволяет значительно снизить массогабаритные характеристики экранов.

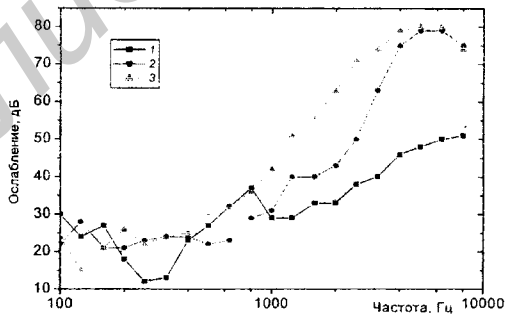
Полученные характеристики экранирования ЭМИ (рисунок 7) и ослабления акустических сигналов материалами со структурой, содержащей включения шунгита, на вспененных матрицах позволяют предложить разработанные материалы для создания интегральных панелей электромагнитной и акустической защиты в комбинации с стекломagneзитовыми панелями для создания помещений с высоким уровнем защиты информации от утечки по техническим каналам.



1 — образец № 1; 2 — образец № 4

**Рисунок 7 – Частотная зависимость ослабления и отражения ЭМИ**

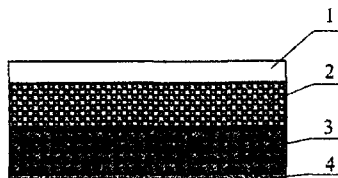
Из рисунка 8 видно, что добавление к многослойной панели на основе стекломagneзита панели, состоящей из последовательно расположенных образцов из вспененных матриц, привело к увеличению собственной звукоизоляции конструкции на 10 дБ в области частот 1000...3500 Гц по сравнению с конструкцией, содержащей только образцы № 1–4, и к увеличению на 20...30 дБ в диапазоне частот 1250...8000 Гц по сравнению с многослойной конструкцией на основе стекломagneзитовой плиты.



1 — лист стекломagneзита толщиной 4 мм, слой резины толщиной 1 мм, алюминиевая фольга толщиной ~0,4 мм; 2 — образцы № 1–4, сложенные вместе; 3 — панель 1 и образцы № 1–4 (мягкие слои обращены к динамику)

**Рисунок 8 – Зависимость ослабления воздушного шума от частоты**

На практике представляют определенный интерес более дешевые промежуточные варианты с использованием штор, драпировок, ширм, передвижных панелей и т. п. Структура интегрированной защитной панели показана на рисунке 9.



1 — лист стекломagneзита; 2 — вспененный материал; 3 — ферритовые плитки; 4 — металлический лист

**Рисунок 9 – Структура интегрированной панели для защиты информации от утечки по электромагнитным и акустическим каналам**

Для уменьшения отражательной способности металлических объектов в диапазоне частот 1...40 ГГц предложена многослойная радиопоглощающая конструкция на основе вспененного полимерного материала с покрытием из диэлектрического порошкообразного наполнителя в связующем. Чередующиеся слои диэлектрического порошкообразного комбинированного материала с радиопрозрачным основанием образуют экран, рассеивающий ЭМ-волны. Средний размер частиц порошка составляет около 100 мкм. Проницаемость порошка составляет около 10. Концентрация сухого наполнителя в связующем составляет 1:1. Слои из композитного материала толщиной 1,5...2,0 мм находятся на разных расстояниях от металлической основы.

Сравнение ЭПР образцов с ЭПР металлического листа размером 0,472 × 0,473 м показывает квазилинейную зависимость от количества композиционных диэлектрических слоев, и ЭПР металлического листа, покрытого образцом толщиной 50,0 мм, уменьшается более чем 1200 раз в результате рассеяния электромагнитных излучений и подавления в пределах экрана сложной структуры.

Исследование методом антенных измерений в диапазоне частот от 1...40 ГГц радиолокационных характеристик объекта металлической пластины, экранированной разработанной конструкцией, показано, что экран с пятью слоями композиционного материала имеет максимальную эффективность рассеяния ЭМИ и обеспечивает уменьшение эффективной поверхности рассеяния металлической пластины на 3,7...20,0 дБ.

**В приложениях представлены акты об использовании и внедрении результатов диссертационной работы в области разработки экранирующих материалов для обеспечения защиты элементов и компонентов РЭА от воздействия электромагнитного излучения ООО «Белфритекс» и в учебный процесс учреждения образования «Высший государственный колледж связи».**



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации

1. Впервые предложено использование вспененной водосодержащей жидкости в пространственных твердотельных каркасах совместно с порошкообразными мелкодисперсными силикагелями, шунгитом, диоксидом титана, хлористым натрием. Показана возможность получения экранов ЭМИ на основе короткоживущих пен с коэффициентом отражения ЭМИ до  $-15$  дБ в интервале частот  $8...11,5$  ГГц при максимально возможном ослаблении за счет применения размещаемого за твердотельным каркасом металлического отражателя [1-А, 8-А, 17-А].

2. Предложено использование полимерных вспененных материалов в качестве основы конструкций экранов ЭМИ методами их пропитки водосодержащими растворами и нанесением на их поверхность порошкообразных мелкодисперсных диоксида титана, силикагеля, шунгита в связующем. Показано, что введение в пористую основу электромагнитного экрана водных растворов позволяет получить ослабление ЭМИ в диапазоне частот  $8...11,5$  ГГц до  $12,5$  дБ при коэффициенте отражения до  $-5$  дБ и толщине вспененной основы  $5$  мм. Установлена возможность снижения коэффициента отражения ЭМИ до  $-20,4$  дБ за счет использования водных растворов органических и неорганических соединений, что приводит к понижению концентрации воды, а следовательно, снижению проводимости и диэлектрической проницаемости раствора за счет связывания молекул воды. Многослойная конструкция, в которой в качестве второго слоя установлена металлическая фольга, позволяет получить максимальную эффективность ослабления ЭМИ (до  $40$  дБ) при нерезко выраженном резонансном характере частотной зависимости коэффициента отражения вследствие неоднородной структуры поглощающего материала в пределах  $-15,6...-12,1$  дБ [2-А, 7-А, 9-А, 10-А, 11-А, 15-А].

3. Показано, что использование вспененных материалов с нанесенными на их поверхность порошкообразными диоксидом титана и шунгитом ( $30$  % углерода) позволило снизить коэффициент спектральной яркости до  $0,35$  ( $50$  % шунгита) и степень поляризации отраженного излучения до  $0,11$  (в  $2$  раза) в диапазоне длин волн  $440...1040$  нм, что сравнимо со спектрально-поляризационными характеристиками грунтов и песков [5-А].

4. Многослойная радиопоглощающая конструкция на основе вспененного полимерного материала с покрытием из диэлектрического порошкообразного наполнителя в связующем обеспечивает уменьшение отражательной способности металлических объектов в диапазоне частот  $1...40$  ГГц. Экран с пятью слоями композиционного материала имеет максимальную эффективность рассеяния ЭМИ и обеспечивает уменьшение эффективной поверхности рассеяния металлической пластины на  $3,7...20,0$  дБ. [6-А, 13-А, 18-А].

## Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Показана возможность снижения массы экранов электромагнитного излучения при применении вспененных полимерных материалов с различными наполнителями и покрытиями до значений  $0,3 \text{ кг/м}^2$  и толщине до  $0,1 \text{ м}$  [1-А].

2. Экспериментально установлено влияние температуры на электромагнитные характеристики разработанных элементов конструкций экранов. Показано, что использование в качестве пропитывающего водного раствора глицерина и водо-спиртового раствора в соотношении 3:7 позволяет получить наиболее стабильные экранирующие характеристики в диапазоне температур  $-15^\circ\text{C} \dots +23^\circ\text{C}$ . Экранирующие материалы с порошкообразными наполнителями обладают значительно более высокой стабильностью характеристик вследствие меньшей концентрации воды в объеме и более слабой зависимости электрофизических свойств от температуры [3-А].

3. Предложены конструкции интегральных панелей для систем одновременной защиты информации от утечки по электромагнитным, в том числе оптическим, и акустическим каналам. Для стационарных объектов в электромагнитных и акустических каналах разработаны устройства на основе набора элементов конструкций из гипсокартона или стекломгнезита толщиной до  $0,25 \text{ м}$  и дополнительно встраиваемой гибкой основы на фольгированной полимерной матрице с различными наполнителями и покрытиями. Для подвижных объектов предложены гибкие конструкции устройств защиты в широком диапазоне частот электромагнитных волн (сантиметровом, миллиметровом и оптическом диапазонах длин волн) на основе порошкосодержащих покрытий [9-А, 12-А, 14-А, 16-А, 20-А, 21-А, 22-А].

4. Установлена возможность применения многослойных конструкций из вспененных материалов для систем маскирования металлсодержащих объектов. Показано, что в диапазоне частот  $1 \dots 40 \text{ ГГц}$  пятислойный экран обладает максимальной эффективностью рассеяния и позволяет уменьшить ЭПР на  $3,7 \dots 20 \text{ дБ}$  [6-А, 13-А, 19-А].

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

### *Монографии*

1-А. Алялябад, Х.М. Пассивные технические средства обеспечения информационной безопасности от утечки по электромагнитному, оптическому и акустическому каналам / Х.М. Алялябад, Т.А. Пулко, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков, под ред. Л.М. Лынькова — Минск: Бестпринт, 2010. — 232 с.

### *Статьи в научных журналах*

2-А. Алялябад, Х.М. Водосодержащие пенополимерные материалы для создания экранов электромагнитного излучения / Н.В. Колбун, Х.М. Алялябад, Л.М. Лыньков // Доклады БГУИР. — 2008. — Т. 6, №1. — С. 87–92.

3-А. Алялябад, Х.М. Использование композитных сред с порошкообразными сорбентами для экранов электромагнитного излучения / Х.М. Алялябад, Н.В. Колбун, Л.М. Лыньков // Вестник военной академии Республики Беларусь. — 2008. — № 2 (19). — С. 71–74.

4-А. Алялябад, Х.М. Интегральные панели электромагнитно-акустической защиты на основе вспененных материалов/ Х.М. Алялябад, С. Н. Петров, А.М. Прудник // Доклады БГУИР. — 2009. — Т. 7, № 5. — С. 84–87.

5-А. Алялябад, Х.М. Оптические свойства порошкообразных материалов закрепленных на вспененной основе для широкодиапазонных экранов электромагнитного излучения / Х.М. Алялябад, М.С. Павлович // Инженерный Вестник. — 2009. — № 1 (27). — С. 106–109.

6-А. Allebad, H. Electromagnetic shielding structure to reduce the free space reflectivity of objects / H. Allebad, V. Kizimenko, N. Kolbun // Przegląd elektrotechniczny (Electrical Review), R. 86. - NR 3/2010. — P. 8–10.

7-А. Алялябад, Х.М. Методика стабилизации влагосодержания капиллярно-пористых материалов / Т.А. Пулко, Х.М. Алялябад, Н.В. Насонова // Инженерный вестник, 2010. — №. 2. С. 87–92.

### *Статьи в материалах конференций*

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

9-А. Алялябад, Х.М. 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, 13 ноября 2007 г. / УО ВАРБ. — Минск, 2007. — С. 29–31.

10-А. Алялябад, Х.М. Экранирующие ЭМИ вспененные композиционные материалы с диэлектрическими потерями / Х.М. Алялябад, Н.В. Соловьева // Современная радиоэлектроника: научн. исслед. и подготовка кадров: материалы междунар. научн.-практ. конф., Минск, 23–24 апреля 2008 г. Ч. 1 / МГВРК; редкол.: Н.А. Цырельчук [и др.]. – Минск, 2008. — С. 3–4.

11-А. Алялябад, Х.М. Композиционные материалы на основе природных углеродных соединений для подавления побочных электромагнитных излучений радиоэлектронных средств / Х.М. Алялябад, Н.В. Колбун // Проблемы проектирования и производства радиоэлектронных средств: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 27–28 мая 2008 г.: в 2 т. / ПГУ; редкол.: А.П. Достанко [и др.]. – Новополоцк, 2008. – Т. 2. – С. 129–132.

12-А. Алялябад, Х.М. Оптические свойства материалов на вспененной основе для скрытия объектов на фоне подстилающей поверхности / Х.М. Алялябад, М.С. Павлович // Технические средства защиты информации: материалы VII Белорус.-росс. науч.-техн. конф., Минск–Нарочь, 23–24 июня 2009 г. / БГУИР; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2009 – С. 86–87.

13-А. Алялябад, Х.М. Исследование эффективной поверхности рассеяния электромагнитных излучений полимерными вспененными материалами / Х.М. Алялябад // Технические средства защиты информации: материалы VII Белорус.-росс. науч.-техн. конф., Минск–Нарочь, 23–24 июня 2009 г. / БГУИР; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2009 – С. 91–92.

14-А. Алялябад, Х.М. Обеспечение требований по защищенности информации панелями электромагнитно-акустической защиты / Х.М. Алялябад, С.Н. Петров, А.М. Прудник // Управление информационными ресурсами: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 25 ноября 2009 г. / Академия управления – Минск, 2009. – С. 219–220.

#### *Тезисы докладов на научных конференциях*

15-А. Алялябад, Х.М. Влагосодержащие дисперсные системы для экранирования ЭМИ с различными наполнителями / Колбун Н.В., Алялябад Х.М., Лыньков Л.М. // Технические средства защиты информации: материалы докладов и краткие сообщения VI Белорус.-росс. науч.-техн. конф., Минск–Нарочь, 21-22 мая 2008 г. / БГУИР; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2008. — С. 79.

16-А. Алялябад, Х.М. Применение комбинированных панелей электромагнитно-акустической защиты / Х.М. Алялябад, А.М. Прудник, Н.В. Колбун, Х.М. Алялябад, С.Н. Петров // Тезисы докладов Междунар. научн.-техн. конф., посвященной 45-летию МРТИ-БГУИР. Минск, 19 марта 2009 г. / БГУИР – Минск, 2009. С. 193–194.

17-А. Алялябад, Х.М. Вспененные материалы для экранов ЭМИ / Х.М. Алялябад, Н.В. Колбун, Л.М. Лыньков // Радиоэлектроника и молодежь

в XXI веке : материалы 13-го Междунар. молодежного форума. — Харьков, 30 марта – 1 апреля 2009 г. / ХНУРЭ. — Харьков, 2009. — С. 69.

18-А. Алялябад, Х.М. Исследование эффективной поверхности рассеяния электромагнитных волн экранами на основе вспененных материалов с композитными покрытиями / Х.М. Алялябад // Тезисы докладов 4-й Междунар. науч. конф. по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения. Минск, 20–21 мая 2009 г. / БелИСА – Минск, 2009. С. 241–143.

19-А. Алялябад, Х.М. Многослойная композиционная структура для снижения заметности металлических объектов / Х.М. Алялябад, Д.А. Василенко, Я.Ч. Петровский // Современные средства связи : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 29 сентября–1 октября 2009 г. / ВГКС ; редкол.: М.А. Баркун [и др.]. – Минск, 2009. — С. 153.

20-А. Алялябад, Х.М. Самозатухающие покрытия для экранов ЭМИ на основе красок с наполнителями / Х.М. Алялябад, С.Л. Ильюшенко, Л.И. Панькова, Д.Т. Соловей // Технические средства защиты информации : материалы VII Белорус.-росс. науч.-техн. конф., Минск–Нарочь, 24–28 мая 2010 г. / БГУИР ; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2010 – С. 117.

#### *Патенты*

21-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. Алялябад ; заявитель Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники – №u20080054. заявл. 29.01.2008 ; опубл. 29.05.2008 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2008. – № 5. – С. 228.

22-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. Алялябад, А.А. Позняк ; заявитель Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники – №u20080547. заявл. 07.07.2008 ; опубл. 30.04.2009. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 2. – С. 208.



## Альлябад Хусэйн Махамед

**Водазмяшчальныя ўспененыя камбінаваныя канструкцыі  
інтэгральных панеляў для сістэм абароны інфармацыі  
ад працёку па электрамагнітных і акустычных каналах**

**Ключавыя словы:** абарона інфармацыі, тэхнічныя каналы працёку інфармацыі, экран электрамагнітнага выпраменьвання, акустычны экран, ўспененыя кампазіцыйныя матэрыялы.

**Мэта работы:** даследаванне эфектыўнасці новых канструкцый экранаў для сістэм абароны інфармацыі ад працёку па акустычных, аптычных і электрамагнітных каналах на аснове кароткажылцёвых водазмяшчальных пенаў і палімерных ўспененых матэрыялаў з рознымі напаўняльнікамі.

**Метады даследавання і апаратура:** характарыстыкі аслаблення і каэфіцыента адбіцця ЭМВ даследаваліся ў ЗВЧ-дыяпазоне з выкарыстаннем аналізатараў электрычных ланцугоў і антэна-вымяральнага комплексу. Узаемадзеянне матэрыялаў з выпраменьваннем бачнага дыяпазону вывучаліся на ганіяметрычным усталяванні са спектрааналізатарам з палярызаванай насадкай. Даследаванні гукаізаляцыйных уласцівасцяў выконваліся на эксперыментальным усталяванні па вызначэнні рознасці ўзроўняў гукавога ціску пры мінанні гучу праз доследны ўзор.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** прапанавана выкарыстанне водазмяшчальных ўспененых матэрыялаў з парашкападобнымі мелкадысперснымі сілікагелямі, шунгітам, дыяксідам тытана, хлёрыстым натрам для атрымання экранаў ЭМВ з каэфіцыентам адбіцця ЭМВ да -15 дБ у інтэрвале часціняў 8...11,5 ГГц.

Паказаная магчымасць атрымання канструкцый экранаў ЭМВ са зніжанымі масагабарытнымі характарыстыкамі да значэнняў  $0,3 \text{ кг/м}^2$  і таўшчынях да 0,1 м пры ўжыванні ў якасці асновы ўспененых палімерных матэрыялаў з рознымі рашчыннымі напаўняльнікамі і пакрыццямі з парашкападобных мелкадысперсных дыяксіду тытана, сілікагеля, шунгіта ў злучным рэчыве. Даследаваны аптычныя ўласцівасці ўспененых матэрыялаў з пакрыццём з  $\text{TiO}_2$  і шунгіта ў дыяпазоне даўжынь хваляў 440...940 нм.

**Ступень выкарыстання:** вынікі даследавання скарыстаныя пры распрацоўцы экрануючых матэрыялаў для забеспячэння абароны элементаў і кампанентаў РЭА ад уздзеяння ЭМВ ТАА «Белфрытэкс» і ў навучальным працэсе ўстанова адукацыі «Вышэйшы дзяржаўны каледж сувязі».

**Вобласць ужывання:** інфармацыйная бяспека, радыёэкалогія.

## РЕЗЮМЕ

Альлябад Хуссейн Мохамед

### Водосодержащие вспененные комбинированные конструкции интегральных панелей для систем защиты информации от утечки по электромагнитным, оптическим и акустическим каналам

**Ключевые слова:** защита информации, технические каналы утечки информации, экран электромагнитного излучения, акустический экран, вспененные композиционные материалы.

**Цель работы:** исследование эффективности новых конструкций экранов для систем защиты информации от утечки по акустическому, оптическому и электромагнитному каналам на основе водосодержащих пен и полимерных вспененных материалов с различными наполнителями.

**Методы исследования и оборудование:** характеристики ослабления и коэффициента отражения ЭМИ исследовались в СВЧ-диапазоне с использованием анализаторов электрических цепей и антенно-измерительного комплекса. Взаимодействие материалов с излучением видимого диапазона изучались на гониометрической установке со спектроанализатором с поляризационной насадкой. Исследования звукоизоляционных свойств выполнялись на экспериментальной установке по определению разности уровней звукового давления при прохождении звука через исследуемый образец.

**Полученные результаты и их новизна:** предложено использование водосодержащих вспененных материалов с порошкообразными мелкодисперсными силикагелями, шунгитом, диоксидом титана, хлористым натрием для получения экранов ЭМИ с коэффициентом отражения ЭМИ до -15 дБ в интервале частот 8...11,5 ГГц.

Показана возможность получения конструкций экранов ЭМИ со сниженными массогабаритными характеристиками до значений  $0,3 \text{ кг/м}^2$  и толщинах до 0,1 м при применении в качестве основы вспененных полимерных материалов с различными растворными наполнителями и покрытиями из порошкообразных мелкодисперсных диоксида титана, силикагеля, шунгита в связующем веществе. Исследованы оптические свойства вспененных материалов с покрытием из  $\text{TiO}_2$  и шунгита в диапазоне длин волн 440...940 нм.

**Степень использования:** результаты исследования использованы при разработке экранирующих материалов для обеспечения защиты элементов и компонентов РЭА от воздействия ЭМИ ООО «Белфритекс» и в учебном процессе учреждения образования «Высший государственный колледж связи».

**Область применения:** информационная безопасность, радиоэкология.

## SUMMARY

**Allebad Hussin Mohamed**

**Combined foamed water-containing designs of integral panels for systems of information protection against unauthorized access through electromagnetic and acoustic channels**

**Keywords:** information security, engineering channels of information leakage, electromagnetic shield, acoustic shield, foamed composite materials.

**The aim of the work** is to study the effectiveness of the shielding designs developed for the systems of information protection against unauthorized access through acoustic, optical and electromagnetic channels that are based on short-living water-containing foams and polymer foamed materials containing various fillers.

**Investigation method and equipment:** electric circuits analyzers and antenna-measurement installation were used to obtain the EMR attenuation and reflection characteristics in the SHF band. Interaction between materials and the visual waveband radiation was studied on the goniometric installation with the spectrum analyzer furnished with the polarizing head. The sound insulating properties were investigated on the experimental installation through the difference between sound pressure levels while sound passing through the sample under study.

**The obtained results and their originality:** we offer to use water-containing foamed materials with fine-dispersed powder silicagel, shungite, titanium dioxide, sodium chloride to obtain electromagnetic radiation shields with the reflection factor down to -15 dB for the frequency band 8...11.5 GHz.

We prove the capability to reduce the mass-dimensional parameters of the electromagnetic shields down to  $0.3 \text{ kg/m}^2$  and up to 0.1 m in thickness through foamed polymer materials containing various filling solutions and coated with powder  $\text{TiO}_2$ , silicagel and shungite in a binding agent used as a base of the shields. The optical properties of the foamed materials coated with  $\text{TiO}_2$  and shungite in the waveband 440...940 nm are presented.

**Degree of utilization:** the work results are used for the development of the shielding materials intended to protect elements and components of radioelectronic equipment against EMR impact at LLC «Belfritex» and also are applied during the teaching at the High state college of communications.

**Application area:** information security, radioecology.



*Научное издание*

**АЛЬЛЯБАД  
ХУССЕЙН МОХАМЕД**

**ВОДОСОДЕРЖАЩИЕ ВСПЕНЕННЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ  
КОНСТРУКЦИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ  
ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ  
ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ, ОПТИЧЕСКИМ И  
АКУСТИЧЕСКИМ КАНАЛАМ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.13.19 – Методы и системы защиты информации,  
информационная безопасность

---

Подписано в печать 04.10.2010.	Формат 60x84 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> .	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Отпечатано на ризографе.	Усл. печ. л. 1,63.
Уч.-изд. л. 1,3.	Тираж 60 экз.	Заказ 691.

---

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