

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 621.039.553.5

АЛЬ-АДЕМИ
Яхия Таха Абдо

ВОДОСОДЕРЖАЩИЕ ИМИТАТОРЫ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА
ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского
назначения

Минск 2014

Научная 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: **Бежавин Климентий Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и технологий обработки металлов давлением Белорусского национального технического университета

Гусинский Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры метрологии и стандартизации учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

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

Защита состоится 29 января 2015 г. в 16.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.06 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд. 232, e-mail: dissovet@bsuir.by, тел. 293-89-89.

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

Автореферат разослан «22» декабря 2014 г.

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

Борискевич А.А.

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В медицинской электронике разрабатывается большое количество различных приборов, устройств, компьютеризированных комплексов для систем диагностики заболеваний, их профилактики и лечения. Несмотря на преобладание медикаментозных средств, в последнее время для коррекции состояния человека совершенствуются физиотерапевтические методы, сущность которых заключается в изменении химических и ионных взаимодействий в его организме. К основным видам воздействий относится большое количество электрических, магнитных и электромагнитных полей и других излучений. Изделия медицинского назначения на их основе характеризуются не только высокой эффективностью применения, но и ожиданием возможных последствий.

Использование водных растворов, закрепляемых в различных основах, позволяет создавать не только экраны электромагнитного излучения, но и имитаторы различных участков тела человека. Такие влагосодержащие материалы отличаются широкодиапазонностью их применения во всем частотном диапазоне, могут быть использованы в температурном диапазоне от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В диссертационной работе приведены основные результаты исследований, которые посвящены синтезу водосодержащих имитаторов тела человека, исследованию их взаимодействия с электрическими и магнитными источниками, созданию новых конструкций защитных устройств, снижающих уровень воздействия на организм электромагнитных излучений.

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» № 469-о от 29.12.2011 г. Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в рамках государственной программы прикладных исследований шифр «Компомат», утвержденной постановлением Совета Министров Союзного государства № 46 от 12 декабря 2012 г. (с 2012 г. – по настоящий момент).

Цель и задачи исследования

Целью настоящей работы является исследование новых водосодержащих средств имитации человеческого тела (биологических тканей) и разработка на

их основе методик оценки различных воздействий на имитаторы и средств защиты организма человека от электромагнитных воздействий.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи.

1. Провести обоснование выбора водосодержащих растворов, инкорпорированных в различные основы, для создания имитаторов биологических тканей.

2. Исследовать влияние состава растворных наполнителей и материала основ (целлюлоза, трикотаж, тканые и нетканые образцы) на их электропроводящие свойства при воздействии магнитных импульсов и искровых разрядов.

3. Исследовать влияние состава растворных наполнителей на характеристики ослабления и отражения электромагнитных волн элементами конструкций предложенных имитаторов биологических тканей.

4. Разработать рекомендации по использованию разработанных конструкций в качестве основы элементов защиты пользователей сотовой связи и средств обработки информации.

5. Разработать лабораторные методики экспериментальной экспресс-оценки воздействий магнитных импульсов на имитаторы различных тканей организма человека и предложить защитные конструкции для снижения воздействий электрошоковых искровых разрядов.

Научная новизна

Выполненные в работе исследования позволили получить совокупность новых знаний:

– установление стабильности характеристик ослабления и отражения электромагнитных волн при отрицательных температурах (до -18°C) при использовании водных растворов хлорида кальция (до 45 % масс. концентрации) в пористых элементах конструкций экранов электромагнитного излучения на их основе;

– линейное снижение значения плотности электрического тока, индуцируемого в имитаторах биологических тканей, при воздействии на них магнитного импульса (0,8 Тл) с увеличением расстояния (до 20 см) между индуктором и исследуемым имитатором.

Положения выносимые на защиту

1. Экспериментальное обоснование способа создания имитаторов биологических тканей, основанного на пропитке хлопчатобумажной ткани,

трикотажа, целлюлозы, войлока растворами солей натрия и кальция, спиртовыми водными растворами, гидрогелями, и установление комплексного электрического сопротивления и фазочастотных характеристик, что позволило разработать рекомендации по их использованию в диапазоне частот 25...1000000 Гц для биомедицины; разработать модульные пирамидообразные экраны ЭМИ с эффективностью экранирования 18 ± 1 дБ при коэффициенте отражения $-10 \dots -12$ дБ в диапазоне частот 0,7...17,0 ГГц для защиты пользователей средств вычислительной техники, пригодные для эксплуатации в условиях пониженных температур; элементы защиты организма пользователей сотовой связи.

2. Экспресс-методика экспериментальной оценки воздействия магнитных импульсов на характеристики импульсного электрического напряжения, возникающего в растворосодержащих имитаторах биологических тканей (серого и белого вещества мозга, лимфы, влажной и сухой кожи, мышц, жидкости организма), что позволяет ее использование для анализа электромагнитной обстановки и проведения транскраниальной магнитной стимуляции мозга.

3. Способ оценки воздействия электрошоковых искровых разрядов на характеристики электрического напряжения, возникающих в имитаторах биологических тканей (кожных и подкожных покровов человека), при условии размещения измерительных электродов на обратной стороне имитатора, что позволяет предложить средства защиты тела человека с эффективностью снижения значений электрического напряжения от 50 кВ до нуля.

Личный вклад соискателя

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в научном и экспериментальном обосновании возможности использования водосодержащих растворов с последующей пропиткой различных основ для создания имитаторов биологических тканей. Им предложены новые конструкции элементов защиты организма человека посредством снижения уровня воздействий электрошоковых разрядов, магнитных импульсов, устройств электромагнитного экранирования.

Определение цели и задач исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились с научным руководителем, доктором технических наук Л. М. Лыньковым, кандидатом технических наук М. В. Давыдовым, кандидатами технических наук Т. А. Пулко, Н. В. Насоновой, А. М. Прудником.

Апробация результатов диссертации

Материалы, вошедшие в диссертационную работу, докладывались и обсуждались на XVII Международной научно-технической конференции «Современные средства связи» (Минск, Беларусь, 2012); IX – X Международных научно-практических конференциях «Управление информационными ресурсами» (Минск, Беларусь, 2012 – 2013); VII Международной научно-технической конференции «Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии» (Минск, Беларусь, 2012); VII Международной научно-технической конференции «Современные методы и технологии создания и обработки материалов» (Минск, Беларусь, 2012); XXII и XXIV Международных Крымских конференциях «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (Севастополь, Украина, 2012, 2014); X–XII Белорусско-российских научно-технических конференциях «Технические средства защиты информации» (Минск, Беларусь, 2012 – 2013); Международном научно-техническом семинаре «Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных» (Минск, Беларусь, 2013).

Опубликованность результатов диссертации

Материалы по теме диссертации опубликованы в 9 научных работах (10,9 авторских листа), соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, включая 8 статей в рецензируемых научных журналах в соавторстве. Автору принадлежит 4,2 авторских листа; 1 монография в соавторстве. Автору принадлежит 6,7 авторских листа.

Опубликовано 7 статей в сборниках материалов конференций, семинаров, 8 тезисов докладов в сборниках тезисов докладов конференций и семинаров, получен 1 патент Республики Беларусь на полезную модель.

Структура и объем диссертации

Общий объем диссертационной работы составляет 156 страниц, из них 94 страницы основного текста, 73 рисунка на 32 страницах, 8 таблиц на 6 страницах, библиографический список из 160 источников, включая 24 собственных публикаций автора на 15 страницах, 2 приложения на 6 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во **введении** и в общей характеристике работы обоснована актуальность темы диссертации, определены основные направления исследований, показана необходимость проведения исследований водосодержащих имитаторов тела человека, их взаимодействия с электрическими и магнитными источниками, создания новых конструкций защитных устройств, снижающих уровень воздействия на организм различных излучений электромагнитного излучения.

В **первой главе** представлена характеристика современных методов и средств имитации человеческого тела для применения в качестве заменителей и восстановителей утраченных органов, различных имплантантов. Рассмотрены системы компьютерной имитации тела человека, которые широко используются для обработки различных хирургических и терапевтических навыков. Подвергнут анализу тот факт, что использование таких имитаторов позволяет снизить количество лабораторных животных при проведении различных медицинских и биологических исследований.

Приведены основные типы воздействий электромагнитных излучений различной природы на организм человека. Применимость различных организационно-технических мероприятий и средств для целей защиты определяется как условиями эксплуатации разнообразных источников нежелательных излучений, так и использованием защитных средств индивидуального и общего назначения. Показано, что локальное использование таких излучений может быть применимо в медицинской практике.

Показана перспективность использования разнообразных водосодержащих материалов в качестве экранов электромагнитного излучения. Анализ технических средств защиты тела человека от электромагнитных излучений средств телекоммуникаций, персональных компьютеров указывает на возможность создания таких устройств с небольшими массогабаритными характеристиками, обладающих универсальностью. Для этого требуется проведение дополнительных исследований стабильности эксплуатационных характеристик предлагаемых в диссертационной работе средств защиты, учитывая гибкость, механические свойства, воздействие пониженных атмосферных температур, возможность их встраивания в интерьер современных помещений, в индивидуальные средства защиты различного назначения.

Во **второй главе** приведено обоснование возможного формирования имитаторов биологических тканей путём пропитки водосодержащими растворами различных естественных и синтетических сред. В качестве

параметра измерений выбраны сравнительные изменения электропроводящих свойств синтезируемых аналогов и участков тела человека в диапазоне частот 0,1...10 МГц. Обосновано использование водосодержащих волокнистых, тканых и нетканых материалов. Установлены массогабаритные параметры исследуемых образцов. Учитывая высокую химическую активность воды, дающую возможность синтезировать растворы с различными свойствами на её основе, были предложены растворные наполнители, отличающиеся физико-химическими свойствами, для формирования имитаторов биосвойств биологических тканей, устойчивых к развитию микроорганизмов. В качестве наполнителей предложены водные растворы хлористого натрия, хлористого кальция, физрастворы, белки и желтки куриных яиц, спиртовые растворы прополиса. Процент содержания воды в исследуемых структурах составляет величину 33...87 % их веса.

Для измерений импедансных свойств композиционных водосодержащих структур использовали 2-электродный метод наложения электродов, применяемых для электростимуляции (рисунок 1). Оценку свойств созданных структур предложено проводить с использованием сравнительного анализа их логарифмических амплитудно-фазовых частотных характеристик с аналогичными характеристиками биологических тканей. Предложена и разработана методика измерения параметров тока, наводимого в предложенных имитаторах биологических тканей импульсными магнитными полями, в зависимости от частоты, расстояния и других параметров воздействий.

Для измерений использован магнитоимпульсный стимулятор с индуктором, цифровой осциллограф с персональным компьютером и образец имитатора с системой электродов.



Рисунок 1. – Структурная схема установки для измерений влияния импульсного магнитного поля на образцы

Для исследования воздействия на разработанные имитаторы тела человека мощных электрических разрядов предложено использование ЭШУ, которые предназначены для использования в целях самообороны и защиты различных объектов от несанкционированного воздействия (ГОСТ 50 940-56).

Для оценки пригодности разработанных имитаторов биологических тканей в качестве защиты от электрошоковых воздействий использовали экспериментальную методику согласно структурной схеме, представленной на рисунке 2, путем размещения контактных выводов на обратной стороне испытываемых образцов.

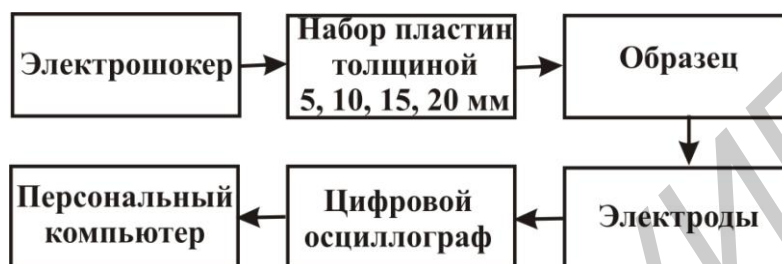


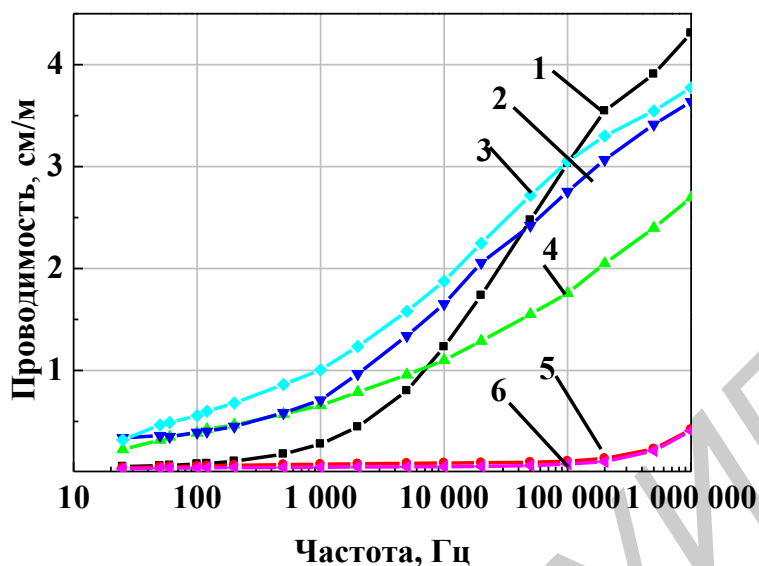
Рисунок 2. – Структурная схема установки для измерений влияния электрошоковых разрядов на образцы

Определены амплитуды напряжений на электродах из-за прохождения по обратной поверхности образца тока индуцированного при временном разряде ЭШУ.

Оценка эффективности экранирования уровня электромагнитных излучений разработанных имитаторов проводилась в лабораторных условиях с помощью измерительного комплекса SNA 0,01...18 в диапазоне частот 0,5...17 ГГц, выбранном с учетом дальнейшего применения экранов электромагнитного излучения.

В третьей главе приведены результаты исследования частотной зависимости проводимости и фазы кожных и подкожных тканей людей с различными антропологическими значениями. Показано, что значение проводимости повышается до 4 см/м с увеличением частоты до 1 МГц и характеризуется минимумом при 5 000 Гц при 60 градусах. Для сравнения проводимости кожных и подкожных тканей тестируемых людей с характеристиками разработанных образцов было проведено усреднение их значений.

Проведен комплекс исследований частотных зависимостей проводимости (рисунок 3) и фазы (рисунок 4) образцов целлюлозы, трикотажа, пропитанных растворами NaCl различной концентрации. Показано, что в некоторых локальных диапазонах наблюдается их подобие с аналогичными характеристиками кожных и подкожных покровов человека. Из рисунка 3 видно, что образцы целлюлозы, пропитанные водным раствором NaCl с содержанием 10...26 % масс. концентрации, обладают значением проводимости от частоты (диапазон 60...100 000 Гц), схожим с аналогичной зависимостью кожных покровов человека (среднее значение).



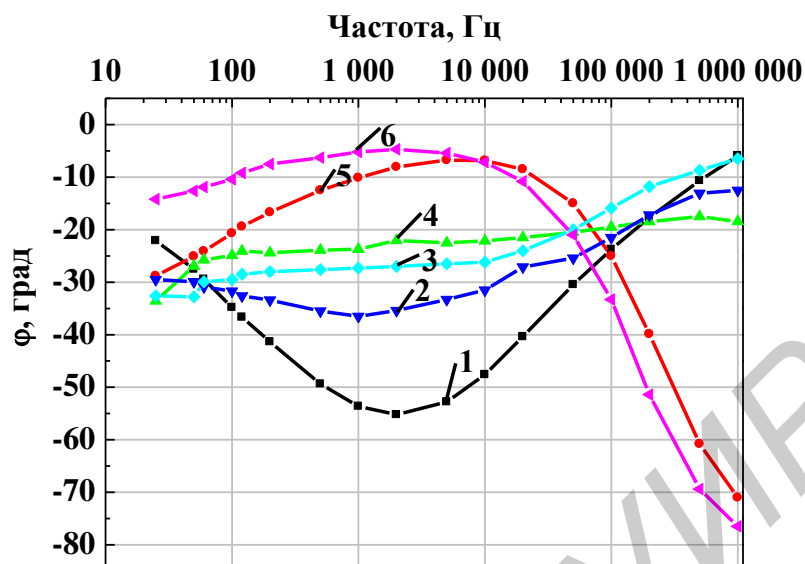
- 1 – кожные покровы (усредненное значение); 2 – целлюлоза, пропитанная раствором NaCl 20 % масс. концентрации; 3 – целлюлоза, пропитанная раствором NaCl 26 % масс. концентрации; 4 – целлюлоза, пропитанная раствором NaCl 10 % масс. концентрации; 5 – целлюлоза, пропитанная дистиллированной водой; 6 – водосодержащая целлюлоза с мицелием плесени на поверхности

Рисунок 3. – Частотная зависимость проводимости образцов композиционных материалов на основе целлюлозы в диапазоне 25 Гц...1 МГц

Частотная фазовая зависимость указывает на подобие с аналогичными зависимостями в случае пропитки целлюлозы растворами хлористого натрия (рисунок 4).

При этом наиболее близкое совпадение характеристик проводимости и фазы наблюдается в пределах частот 50...100 Гц и 70...110 000 Гц. Образцы трикотажа, пропитанные водным раствором NaCl с содержанием 10...20 % масс. концентрации, обладают значением проводимости от частоты (диапазон 60...1 000 000 Гц), схожим с аналогичной зависимостью кожных покровов человека (среднее значение).

Показано, что с увеличением концентрации хлористого натрия до 26 % масс. концентрации значение проводимости значительно увеличивается во всем исследуемом частотном диапазоне. Частотная фазовая зависимость указывает на подобие с аналогичными зависимостями в случае пропитки трикотажа растворами хлористого натрия. Наиболее близкое совпадение характеристики проводимости и фазы наблюдается в пределах 70000...500000 Гц.



1 – кожные покровы (усредненное значение); 2 – целлюлоза, пропитанная раствором NaCl 20 % масс. концентрации; 3 – целлюлоза, пропитанная раствором NaCl 26 % масс. концентрации; 4 – целлюлоза, пропитанная раствором NaCl 10 % масс. концентрации; 5 – целлюлоза, пропитанная дистиллированной водой; 6 – водосодержащая целлюлоза с мицелием плесени на поверхности

Рисунок 4. – Фазочастотная характеристика образцов композиционных материалов на основе целлюлозы в диапазоне 25 Гц...1 МГц

Проведено исследование проводимости и фазы целлюлозы, трикотажа и хлопчатобумажных тканей, пропитываемых водными растворами хлорида кальция, гидрогеля, подсолнечного масла. Показано, что данные зависимости характеризуются совпадением с аналогичными характеристиками кожных и подкожных покровов человека. Согласно полученным результатам образцы целлюлозы, пропитанные различными растворами, обладают значением проводимости от частоты (диапазон 60...1500 Гц), схожим с аналогичным значением кожных покровов человека (среднее значение).

Получены значения проводимости, идентичные среднему значению проводимости кожных покровов человека в диапазоне частот 40...800 Гц. Частотная фазовая зависимость указывает на подобие с аналогичными зависимостями при частотах 60...1500 Гц и 80000...150000 Гц.

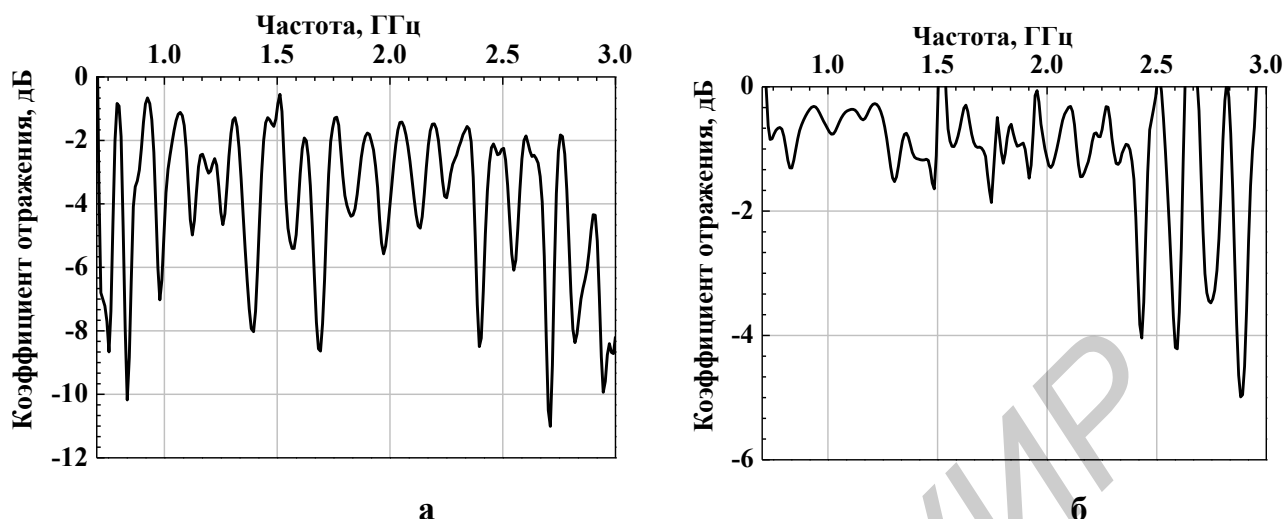
Пропитывание материала основы комбинированными растворными наполнителями позволяет получить значения проводимости от частоты, схожие с аналогичным значением кожных покровов человека (среднее значение) в диапазоне частот 40...1000 Гц. Получены значения проводимости, идентичные среднему значению проводимости кожных покровов человека в диапазоне частот 40...800 Гц. Частотная фазовая зависимость указывает на подобие с аналогичными зависимостями при частотах 60...150 Гц и 10 000...1 000 000 Гц.

В четвертой главе показано, что пропитка материалов для имитаторов биологических тканей водными растворами приводит к значительному снижению значения ослабления электромагнитного излучения экранами на их основе в условиях охлаждения до низких температур ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$). Исследовалась температурная зависимость экранирующих характеристик водосодержащих композиционных материалов с плоской и пирамидальной формой поверхности при снижении температуры до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пропитка трикотажа и целлюлозы растворами на основе 45 % масс. CaCl_2 позволяет сохранять количество воды и повысить стабильность характеристик ослабления и отражения ЭМИ при отрицательных температурах их эксплуатации.

Установлено, что пирамидообразные экраны ЭМИ на основе трикотажа и целлюлозы, пропитанные 45% масс. CaCl_2 , позволяют снизить коэффициент отражения до $-10\text{...}-12\text{ дБ}$ в диапазоне частот $2\text{...}12\text{ ГГц}$ в случае использования металлического отражателя, размещаемого в основании пирамидообразной основы. Показано, что в диапазоне частот $0,7\text{...}2\text{ ГГц}$ пирамидальная конструкция экранов ЭМИ обеспечивает большее значение ослабления мощности по сравнению с экраном плоской конструкции. Предложены варианты модульной конструкции экранов ЭМИ, размещаемого между пользователем персонального компьютера и системным блоком персонального компьютера.

Предложено использование влагосодержащего полимерного гидрогеля в качестве элемента защиты организма человека от воздействий излучений мобильных радиотелефонов. Исследовались экранирующие характеристики сформированных элементов экранов ЭМИ на основе сшитого полимерного гидрогеля в диапазоне $0,7\text{...}17\text{ ГГц}$ (рисунок 5).

Размер образцов составлял порядка $700\times 700\text{ мм}$ при толщине 3 мм и равновесном влагосодержании не менее $34\pm 2\%$. Характеристика коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне $0,7\text{...}3\text{ ГГц}$ находится в пределах $-1\text{...}-10\text{ дБ}$ и носит резонансный характер. При дополнительном использовании металлического отражателя значение коэффициента отражения увеличивается до $0\text{...}-5\text{ дБ}$. При этом характеристика ослабления ЭМИ носит равномерный характер и находится в пределах $0\text{...}2,5\text{ дБ}$.



а – коэффициент отражения ЭМИ без металла;
б – коэффициент отражения ЭМИ с металлом

Рисунок 5. – Частотная зависимость экранирующих характеристик в диапазоне 0,7...3,0 ГГц элементов конструкции экранов ЭМИ (толщина 3 мм) на основе сшитого полимерного гидрогеля

С ростом частоты в диапазоне 2...17 ГГц коэффициент отражения ЭМИ находится в пределах 0...17 дБ при ослаблении ЭМИ до 0...6 дБ. Использование металлического отражателя за исследуемым модулем позволяет получить коэффициент отражения ЭМИ порядка 0...–10 дБ. При увеличении толщины сшитого полимерного гидрогеля до 10 мм в диапазоне 0,7...3 ГГц коэффициент отражения ЭМИ находится в пределах –2...–16 дБ и носит резонансный характер. При дополнительном использовании металлического отражателя значение коэффициента отражения увеличивается до –2...–9 дБ. При этом следует отметить увеличение показателей ослабления ЭМИ на 2...6 дБ, что соответствует величине ослабления в пределах 2...8 дБ.

В диапазоне 2...17 ГГц коэффициент отражения ЭМИ находится в пределах 0...20 дБ при ослаблении ЭМИ до 4,5...8 дБ. Использование металлического отражателя за исследуемым элементом конструкции позволяет получить коэффициент отражения ЭМИ порядка 0...–18 дБ. На основе элемента конструкции экрана ЭМИ из сшитого полимерного гидрогеля разработан водосодержащий экран для защиты организма человека от воздействия электромагнитного излучения мобильных радиотелефонов.

Рабочий диапазон частот разработанного водосодержащего экрана находится в пределах 400 МГц...12 ГГц, что обусловлено возможным применением устройства. Входящий в состав экрана сшитый полимерный гидрогель, позволяет предотвратить развитие плесневых грибов в составе влагосодержащего материала и обеспечить эксплуатацию устройства при

температурах ниже 0 °С.

Показано, что значение комплексного сопротивления тела человека аналогично значению комплексного сопротивления влагосодержащего гидрогеля. Это позволяет при использовании устройств мобильной связи формировать диаграмму направленности, сравнимую с диаграммой направленности при реальных условиях использования. Показано, что при использовании металлического отражателя коэффициент отражения составляет величину $-2...-15$ дБ в частотном диапазоне 1,4...17 ГГц.

Проведено экспериментальное исследование влияния значения воздействия магнитного импульса 0,8 Тл на образцы разработанных имитаторов биологических тканей серого и белого вещества мозга, лимфы, влажной и сухой кожи, жидкости организма и мышц в зависимости от расстояния до источника воздействия. В таблице 1 приведены значения электрических свойств тканей тела человека, а также экспериментально полученные сопротивления и рассчитанные удельные проводимости образцов.

Таблица 1. – Биологические ткани и соответствующие им по электрическим параметрам образцы

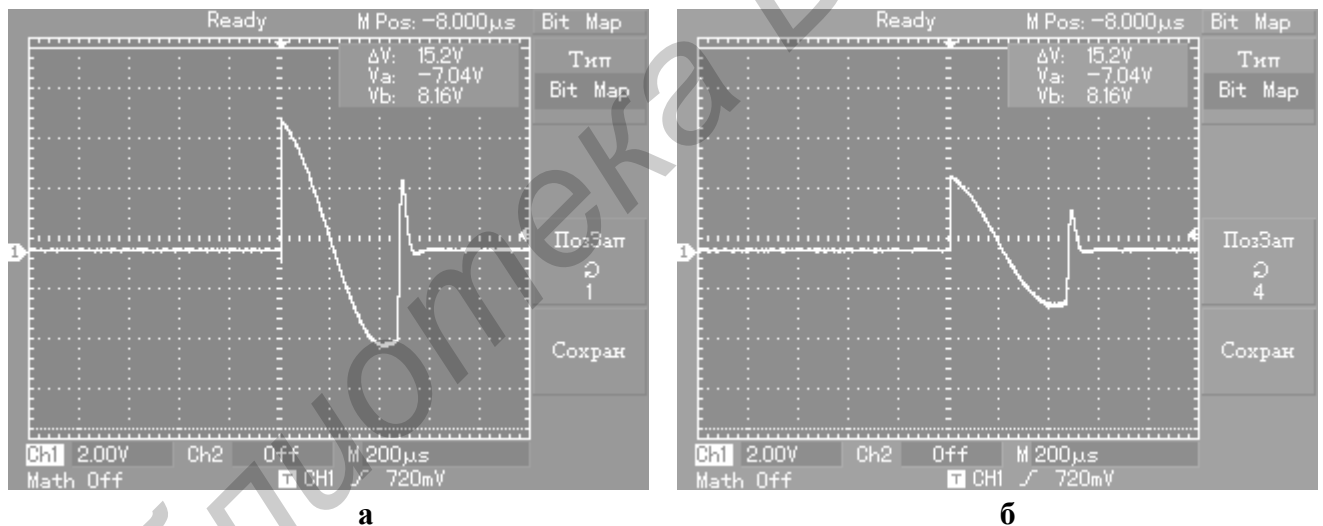
Биологическая ткань	Расчетное значение σ , См/м	Материал образца	Z, кОм	Экспериментальное значение σ , См/м
Серое вещество мозга	0,098805	Целлюлоза Н ₂ О	12477	0,080147
Белое вещество мозга	0,062574	Целлюлоза с плесенью	19700	0,050761
Лимфа	0,52427	Трикотаж с порошком гидрогеля	899	0,556174
Кожа влажная	0,00065738	Гидрогель с 19 % влагосодержанием	700000	0,000714
Кожа сухая	0,00020006	Гидрогель с 14 % влагосодержанием	1700000	0,0002294
Мышцы	0,32115	Войлок с желтком	765	0,326797
Жидкость организма	1,5	Войлок с белком	163	1,533742

Показано, что с увеличением расстояния от 5 до 20 см наблюдается линейное уменьшение плотности тока, индуцируемого в имитаторах (в среднем на

20...25%). Предложена методика экспресс-оценки воздействия источников магнитных импульсов на материалах имитации биологических тканей, например, при проведении транскраниальной магнитной стимуляции мозга. Разработанные образцы как модели биологических тканей могут найти применение для определения силы стимулирующего воздействия импульсных магнитных полей во многих значимых областях деятельности.

На рисунке 6 представлены осциллограммы импульсного напряжения, возникающего на электродах, при воздействии импульсного магнитного поля 0,8 Тл на образце трикотажа, пропитанного гидрогелем, что согласно таблице 1 имитирует электрические параметры лимфы. Получены экспериментальные значения импульсного напряжения на имитаторе лимфы и представлены их расчетные значения напряженности поля.

Анализ расчетных зависимостей указывает на то, что при изменении расстояния от источника электрического импульса (индуктора) до исследуемого образца, имитирующего лимфу, с 5 мм до 20 мм, наблюдается



снижение плотности тока с 101,223668 до 56,729748 А/м², соответственно.

а – расстояние от индуктора 5 мм; **б** – расстояние от индуктора 20 мм

Рисунок 6. – Осциллограмма импульсного напряжения, возникающего между электродами, закрепленными на имитаторе лимфы

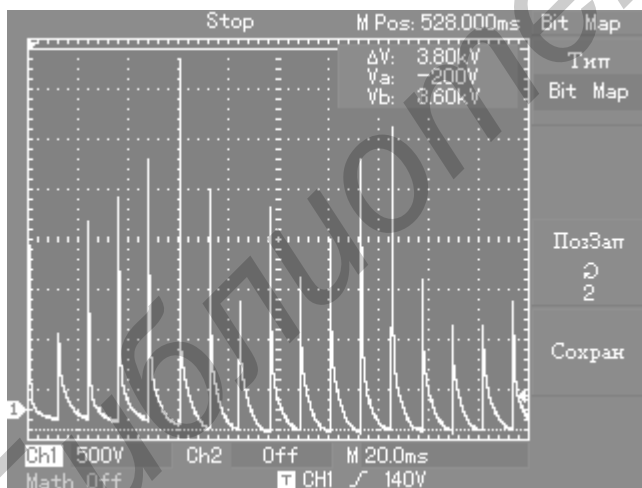
Проведено экспериментальное исследование воздействия электрошокового искрового разряда на имитаторы биологических тканей. Особенностью используемой методики является расположение измерительных электродов на обратной от места воздействий стороне образцов (рисунок 6). Проводилось экспериментальное исследование оценки воздействий разрядов

электрошокера на имитатор биологической ткани в виде пропитанного водой образца целлюлозы толщиной 1,5 мм.

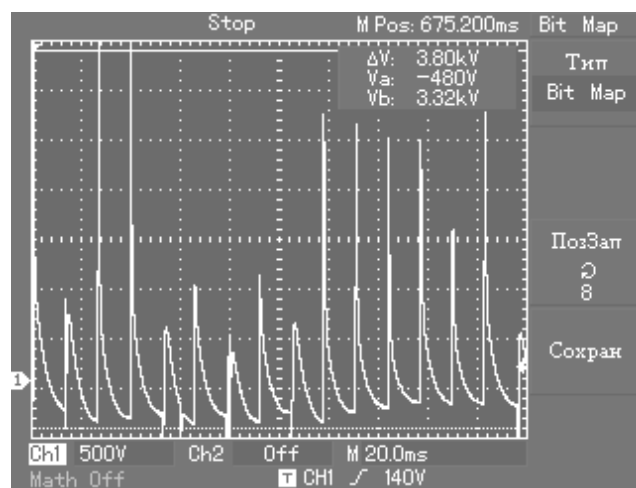
В качестве защитных слоев (имитаторов одежды) использовались такие материалы, как двухслойный материал в виде комбинированной пленки лавсан-полиэтилен толщиной 0,3 мм и сухая целлюлоза толщиной от 1 до 2,5 мм.

На рисунке 7 представлены осциллограммы импульсного напряжения, возникающего при воздействии электрошокового разряда на электродах при длительности импульсов 40 микросекунд, частотой следования 25 кГц и напряжением ≈ 50 кВ на влагосодержащий образец целлюлозы.

В результате проведения экспериментальных исследований показано, что при использовании имитаторов биологических тканей на основе водосодержащей целлюлозы толщиной 1,5 мм наблюдается снижение воздействующего электрошокового импульсного напряжения от 50 до 3 кВ. При этом использование дополнительных защитных слоев из сухой целлюлозы толщиной 2,5 мм приводит к снижению напряжения до 1 кВ. Результаты данных исследований позволяют предложить экспериментальную методику экспресс-оценки воздействий электрошоковых разрядов на имитаторы тела человека при использовании различных видов защитных материалов, снижающих уровень воздействия этих разрядов.



а



б

а – толщина защитного слоя сухой бумаги 1 мм;

б – толщина защитного слоя сухой бумаги 2,5 мм

Рисунок 7. – Осциллограммы импульсного напряжения, возникающего при воздействии электрошокового разряда на электродах

Одним из основных направлений разработки систем защиты организма человека от различных воздействий является создание индивидуальных средств. В качестве пассивного средства разработана технология создания

специального вида такой одежды для различных групп населения, использование которой позволяет одновременно снизить уровень воздействия излучений мобильных телефонов и последствий электрошокового разряда (электрошокер).

Для этих целей предлагается использование гибкого защитного жилета на основе разработанных имитаторов биологических тканей человека.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Предложено использование метода пропитки водосодержащими растворами волокнистых материалов для создания имитаторов биологических тканей с различными значениями их комплексного сопротивления. Показана возможность получения композиционных материалов на основе хлопчатобумажной ткани, трикотажа, целлюлозы, войлока, пропитываемых водой, физиологическим раствором, растворами солей натрия и кальция, белком и желтком куриных яиц, спиртовыми водными растворами, гидрогелями. Установлены частотные зависимости и фазы в данных материалах в диапазоне частот 25...1 000 000 Гц и проведено сравнение с аналогичными значениями характеристик кожных и подкожных покровов человека [1, 2, 3, 5, 9, 10, 12, 21, 23].

2. Предложено использование пирамидообразных водосодержащих модулей из трикотажа с полыми пирамидообразными основаниями высотой 8,5 см. Показано, что по сравнению с модулями из трикотажа плоской формы на частотах в диапазоне 2,0...6 ГГц значение характеристики ослабления увеличивается до 18 дБ, а значение коэффициента отражения снижается до – 10 дБ. Установлено, что использование гигроскопического раствора хлорида кальция (до 45 % масс. концентрации) позволяет расширить диапазон применения таких материалов и конструкций на их основе при отрицательных температурах (–18 °С) с сохранением характеристик ослабления и отражения электромагнитных волн [1, 4, 6, 13, 14, 15, 17].

3. Предложена методика экспериментальной оценки воздействия магнитных импульсов на характеристики импульсного напряжения, возникающего в разработанных имитаторах биологических тканей (серое и

белое вещество мозга, лимфы, влажной и сухой кожи, мышц, жидкости организма). Показано, что при воздействии магнитного импульса 0,8 Тл с увеличением расстояния от 5 до 20 см наблюдается линейное уменьшение (до 25 %) плотности тока, индуцируемого в имитаторах [1, 7, 10, 11, 16, 22].

4. Предложена методика экспериментальной оценки воздействия электрошокового искрового разряда на имитаторы биологических тканей. Показано, что при использовании водосодержащей целлюлозы толщиной 1,5 мм значение импульсного напряжения уменьшается от 50 до 3 кВ. Использование сухой целлюлозы, размещаемой между имитатором тела человека (водосодержащая целлюлоза) и источником, приводит к снижению уровня воздействий до 1 кВ. Экспериментально установлена возможность использования двухслойной лавсан-полиэтиленовой пленки для временной стабилизации водосодержащей целлюлозы с одновременной возможностью уменьшения значения импульсного напряжения от 50 кВ до нулевых значений [1, 8, 18, 19, 20, 24].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Предложены конструкции имитаторов биологических тканей на основе различных водосодержащих материалов в пористых матрицах, что позволяет на их основе создавать устройства, защищающие пользователей мобильной связи (гидрогельный наполнитель), элементы интерьера жилых и производственных помещений, с защитными растворосодержащими пирамидообразными модулями (до 45 % масс. концентрации), средства индивидуальной защиты пользователей электрокардиостимуляторов от воздействий излучений средств мобильной радиотелефонии и электрошоковых устройств.

2. Установлена возможность экспериментальной экспресс-оценки воздействия магнитного импульса и электроискровых разрядов на разработанные имитаторы биологических тканей, что позволяет наряду с расчетными методиками проводить анализ электрических и магнитных разрядов путем размещения контрольных электродов на поверхности имитаторов и на их обратной стороне.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Монографии

1. Водосодержащие имитаторы биологических тканей для защиты человека от электромагнитных излучений / Я.Т.А. Аль-Адеми, М.В. Давыдов, Н.В. Насонова, А.М. Прудник, Т.А. Пулко, Т.В. Борботько, Л.М. Лыньков; под общ. ред. Л.М. Лынькова. – Минск : Бестпринт, 2014. – 187 с.

Статьи в рецензируемых научных журналах

2. Температурная зависимость экранирующих свойств полимерных гидрогелей / Ю.В. Смирнов, Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков // Доклады БГУИР. – 2012. – № 6(68). – С. 25–29.

3. Влагосодержащие экраны для защиты пользователей бытовых и промышленных СВЧ-источников / Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко, М.В. Давыдов, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2013. – № 4. – С. 50–56.

4. Влияние температуры на экранирующие характеристики водосодержащих материалов / Н.В. Насонова, Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко, Л.М. Лыньков // Известия национальной академии наук Беларуси. – 2013. – № 3. – С. 117–122.

5. Влияние влажности на экранирующие характеристики радиопоглощающих материалов / Н.В. Насонова, Т.А. Пулко, Я.Т.А. Аль-Адеми, А.А. Ахмед, Л.М. Лыньков // Вестник ГГТУ. – 2013. – № 2 (53). – С. 86–90.

6. Аль-Адеми, Я.Т.А. Влагосодержащие пирамидальные конструкции экранов для обеспечения экологической безопасности в помещениях бытового и промышленного назначения / Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко, Н.В. Насонова // Электроника-инфо. – 2013. – № 6(96). – С. 40–42.

7. Характеристики ослабления и отражения электромагнитных волн материалами на основе сшитого полимерного гидрогеля / Я.Т.А. Аль-Адеми, Ю.В. Смирнов, Т.А. Пулко, Н.В. Насонова // Доклады БГУИР. – 2014. – № 4. – С. 93–98.

8. Экспресс-оценка воздействия источников электромагнитных импульсов и электроискровых разрядов на имитаторы биологических тканей / Я.Т.А. Аль-Адеми, М.В. Давыдов, Т.А. Пулко, Л.М. Лыньков // Доклады

БГУИР. – 2014. – № 5(83). – С. 44–49.

9. Широкодиапазонные конструкции экранов электромагнитного излучения на основе влагосодержащей целлюлозы / Я.Т.А. Аль-Адеми, А.А.А. Ахмед, Т.А. Пулко, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2014. – № 77. – С. 1–15. Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy>.

Статьи в сборниках и материалах конференций

10. Пулко, Т.А. Ослабление ЭМИ СВЧ-диапазона композиционными влагосодержащими материалами для технических средств защиты информации / Т.А. Пулко, Я.Т.А. Аль-Адеми, Л.М. Лыньков // Управление информационными ресурсами : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21 нояб. 2012 г. / Академия управления при Президенте Респ. Беларусь ; редкол.: проф. А.В. Ивановский [и др.]. – Минск, 2012. – С. 86–87.

11. Имитаторы комплексного сопротивления биологических тканей / Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко, М.В. Давыдов, Л.М. Лыньков // Медэлектроника – 2012. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13–14 дек. 2012 г. / БГУИР ; редкол.: В.С. Улащик [и др.]. – Минск, 2012. – С. 332–334.

12. Композиционные материалы для имитаторов кожного покрова человека / Т.А. Пулко, Я.Т.А. Аль-Адеми, Е.В. Станкевич, А.М. Прудник, Л.М. Лыньков // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : в 3 кн. : сборник материалов VII Международной научно-технической конференции, / Минск – 19–21 сентября 2012 г. / Физико-технический институт НАН Беларуси; редкол. : С.А. Астапчик [и др.]. – Минск, 2012. – Кн. 1 : Конструкционные и функциональные материалы в современной технике, методы их получения. Материалы для микро- и нанoeлектроники. – С. 281–283.

13. Смирнов, Ю.В. Эффективность экранирования электромагнитного излучения нанопористыми полимерными материалами / Ю.В. Смирнов, Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии : материалы 22-й Междунар. Крымской конф., Севастополь, Украина, 10 – 14 сентября. 2012 г. / СевНТУ ; редкол.: М.П. Батура [и др.]. – Севастополь, 2012. – С. 689–690.

14. Экранирующие тканые материалы с ферромагнитным микропроводом / А.А.А. Ахмед, Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков // Телекоммуникации сети и технологии алгебраического кодирования и безопасность данных : материалы Междунар. науч.-техн. семинара, Минск,

апрель-декабрь 2013 г. / БГУИР ; редкол.: М.Н. Бобов [и др.]. – Минск, 2014. – С. 90–94.

15. Бойправ, О.В. Строительные конструкции модульного типа для снижения энергии побочных электромагнитных излучений средств вычислительной техники / О.В. Бойправ, Я.Т.А. Аль-Адеми // Телекоммуникации сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных : материалы Междунар. науч.-техн. семинара, Минск, апрель – декабрь 2013 г. / БГУИР ; редкол.: М.Н. Бобов [и др.]. – Минск, 2014. – С. 85–89.

16. Гибкие многослойные экранирующие конструкции для СВЧ-техники / Я.Т.А. Аль-Адеми, А.А.А. Ахмед, Т.А. Пулко, Н.В. Насонова, Л.М. Лыньков // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии : материалы 24-й Междунар. Крымской конф., Севастополь, Украина, 7–13 сентября 2014 г. / СевНТУ ; редкол.: М.П. Батура [и др.]. – Севастополь, 2014. – С. 998–999.

Тезисы докладов на научных конференциях

17. Бойправ, О.В. Анализ частотных характеристик ослабление мощности электромагнитного излучения трикотажными водосодержащими экранирующими конструкциями / О.В. Бойправ, Я.Т.А. Аль-Адеми, Л.М. Лыньков // Современные средства связи : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 окт. 2012 г. / ВГКС ; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2012. – С. 219.

18. Наноструктурированные полимерные водосодержащие материалы для экранов ЭМИ / Ю.В. Смирнов, Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко, Н.В. Насонова // Современные средства связи : материалы XVII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–18 окт. 2012 г. / ВГКС ; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2012. – С. 224.

19. Аль-Адеми, Я.Т.А. Экранирующие свойства композиционных материалов на основе синтетического полимера / Х.М. Альлябад, Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко // Технические средства защиты информации : материалы X Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 29–30 мая 2012 г. / БГУИР ; редкол. : Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2012. – С. 73.

20. Аль-Адеми, Я.Т.А. Композиционные влагосодержащие материалы для элементов защиты человека в СВЧ-диапазоне / Я.Т.А. Аль-Адеми // Технические средства защиты информации : материалы X Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 29–30 мая 2012 г. / БГУИР ; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2012. – С. 74.

21. Аль-Адеми, Я.Т.А. Имитаторы радиопоглощающих свойств

биологических тканей / Я.Т.А. Аль-Адеми, Т.А. Пулко, М.В. Давыдов // Технические средства защиты информации : материалы X Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 29–30 мая 2012 г. / БГУИР ; редкол. : Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2012. – С. 75.

22. Аль-Адеми, Я.Т.А. Получение заданных электромагнитных характеристик влагосодержащих экранов электромагнитного излучения / Я.Т.А. Аль-Адеми, Г.А. Иващенко, Т.А. Пулко // Технические средства защиты информации : материалы XI Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 5–6 июня 2013 г. / БГУИР ; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2013. – С. 69.

23. Пирамидальная конструкция экрана ЭМИ для снижения отражающей способности металлических объектов / Я.Т.А. Аль-Адеми, В.В. Кизименко, Т.А. Пулко, Л.М. Лыньков // Технические средства защиты информации : материалы XI Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 5–6 июня 2013 г. / БГУИР ; редкол. : Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2013. – С. 70.

24. Насонова, Н.В. Радиопоглощающий материал на основе композиционного материала с магнитодиэлектрическими потерями / Н.В. Насонова, Я.Т.А. Аль-Адеми, А.А.А. Ахмед, Л.М. Лыньков // Технические средства защиты информации: материалы XII Белорус.-российск. науч.-техн. конф., Минск, 5–6 июня 2013 г. / БГУИР ; редкол. : Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск, 2013. - С. 71.

Патенты

25. Устройство защиты организма человека от воздействия электромагнитного излучения мобильных радиотелефонов : пат. № 9096 РБ, МПКН 01Q 17 /00 / Л.М. Лыньков, Н.В. Насонова, Т.В. Борботько, Т.А. Пулко, Ю.В. Смирнов, Я.Т.А. Аль-Адеми ; заявитель Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – № u 20120614 ; заявл. 19.06.2012 ; опубл. 30.04.2013.

РЭЗІЮМЭ

Аль-Адэмі Яхія Таха Абдо

Водазмяшчаючыя імітатары біялагічных тканін для абароны чалавека ад электрамагнітных выпраменьванняў

Ключавыя словы: сродкі імітацыі біялагічных тканін, эксперыментальныя сродкі ацэнкі электрамагнітных уздзеянняў, радыёэкраніруючыя элементы будаўнічых канструкцый.

Мэта працы складаецца ў даследаванні новых водазмяшчаючых сродкаў імітацыі цела чалавека (біялагічных тканін) і распрацоўцы на іх аснове метадык ацэнкі розных уздзеянняў на імітатары і сродкаў абароны арганізма чалавека ад электрамагнітных уздзеянняў.

Метады даследавання і апаратура: характарыстыкі электрычнага напружання, якое фарміруецца ў імітаторах біялагічных тканін, даследаваны пасрэдніцтвам экспрэс-метадаў эксперыментальнай ацэнкі ўздзеяння магнітных імпульсаў і электрашокавых іскравых разрадаў на характарыстыкі імпульснага электрычнага напружання, экрануючыя ўласцівасці распрацаваных імітатараў вывучалі з выкарыстаннем вымяральнага комплексу SNA 0,01...18.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: распрацавана тэхналогія фарміравання сродкаў імітацыі біялагічных тканін, якая заключаецца ў інкарпарацыі раствораў соляў натрыю і кальцыю, спіртавых водных раствораў, гідрагеляў у баваўняную тканіну, трыкатаж, цэлюлозу, лямец, вывучэнні іх комплекснага супраціўлення і фазачастотных характарыстык, што дазваляе праводзіць іх параўнанне з аналагічнымі характарыстыкамі тканін цела чалавека; праведзена абгрунтаванне новага экспрэс-метада эксперыментальнай ацэнкі ўздзеяння магнітных імпульсаў на характарыстыкі імпульснага электрычнага напружання, якое фарміруецца ў растваразмяшчаючых імітаторах біялагічных тканін (шэрае і белае рэчывы мозгу, лімфы, вільготнай і сухой скуры, мышц, вадкасці арганізма); абгрунтаваны метады ацэнкі ўздзеяння электрашокавых іскравых разрадаў на характарыстыкі электрычнага напружання, якое фарміруецца ў імітаторах біялагічных тканін.

Ступень выкарыстання: распрацаваныя сродкі імітацыі цела чалавека і метадыкі ацэнкі розных уздзеянняў на іх ужываюцца ў вобласці распрацоўкі экрану электрамагнітнага выпраменьвання ў ААТ «ЦНІЛКА» (РФ), у лабараторных выпрабаваннях канструкцый сродкаў абароны чалавека ў НДЛ 5.3 НДЧ БДУІР і ў навучальным працэсе БДУІР.

Галіна прымянення: вырабы прадпрыемстваў электроннай і радыётэхнічнай прамысловасці.

РЕЗЮМЕ

Аль-Адеми Яхия Таха Абдо

**Водосодержащие имитаторы биологических тканей
для защиты человека от электромагнитных излучений**

Ключевые слова: средства имитации биологических тканей, экспериментальные средства оценки электромагнитных воздействий, радиоэкранирующие элементы строительных конструкций.

Цель работы состоит в исследовании новых водосодержащих средств имитации тела человека (биологических тканей) и разработке на их основе методик оценки различных воздействий на имитаторы и средств защиты организма человека от электромагнитных воздействий.

Методы исследования и аппаратура: характеристики электрического напряжения, формируемого в имитаторах биологических тканей, исследованы посредством экспресс-методов экспериментальной оценки воздействия магнитных импульсов и электрошоковых искровых разрядов на характеристики импульсного электрического напряжения, экранирующие свойства разработанных имитаторов изучали с использованием измерительного комплекса SNA 0,01...18.

Полученные результаты и их новизна: разработана технология формирования средств имитации биологических тканей, заключающаяся в инкорпорации растворов солей натрия и кальция, спиртовых водных растворов, гидрогелей в хлопчатобумажную ткань, трикотаж, целлюлозу, войлок, изучении их комплексного сопротивления и фазочастотных характеристик, что позволяет проводить их сравнение с аналогичными характеристиками тканей тела человека; проведено обоснование нового экспресс-метода экспериментальной оценки воздействия магнитных импульсов на характеристики импульсного электрического напряжения, формируемого в растворосодержащих имитаторах биологических тканей (серое и белое вещества мозга, лимфы, влажной и сухой кожи, мышц, жидкости организма); проведено обоснование метода оценки воздействия электрошоковых искровых разрядов на характеристики электрического напряжения, формируемого в имитаторах биологических тканей.

Степень использования: разработанные средства имитации тела человека и методики оценки различных воздействий на них применяются в области разработки экранов электромагнитного излучения в ОАО «ЦНИИЛКА» (РФ), в лабораторных испытаниях конструкций средств защиты человека в НИЛ 5.3 НИЧ БГУИР и в учебном процессе БГУИР.

Область применения: изделия предприятий электронной и радиотехнической промышленности.

SUMMARY

Al-Ademi Yahya Taha Abdo

Water-containing imitators of biological tissues for protection of a human against the electromagnetic radiation

Keywords: imitators of biological tissues, experimental tools for electromagnetic radiation impact evaluation, radio shielding building elements.

Aim of the work is to study the new water-containing imitators of a human body (biological tissues) and basing on these results to develop the evaluation methodologies for various types of impact on the imitators and protection means against the electromagnetic impacts to a human body.

Research methods and equipment: the characteristics of the electric voltage, generated in the imitators of biological tissues, were studied through rapid methods of experimental evaluation of the impact of electromagnetic pulses and electrical spark discharges onto the characteristics of this pulsed voltage, the shielding properties of the developed imitators were studied using a measurement complex SNA 0.01...18.

The obtained results and their novelty: the biological tissues imitators forming technology was developed, which consists of incorporation of aqueous solutions of sodium and calcium salts, alcohol aqueous solutions, hydrogels into cotton fabrics, knitted fabrics, cellulose, felts, and studying of their complex impedance and phase response characteristics, which allows to compare them with the similar characteristics of a human body tissues; a new rapid method of experimental evaluation is justified to evaluate the magnetic pulses impact on the characteristics of a pulsed electric voltage, generated in the biological tissues imitators (gray and white matter of the brain, lymph, wet and dry skin, muscle, body fluids); an evaluation method is justified for evaluation of the electro-spark discharge impact on the characteristics of the electric voltage, generated in the biological tissues imitators.

Extent of usage: the developed means of imitation of a human body and techniques for evaluation of various impacts on them are applied for the development of electromagnetic radiation shields in JSC "CNIILKA" (Russian Federation), in laboratory testing of human protection means at NIL 5.3 R&D Dept. BSUIR and in the educational process at BSUIR.

Application area: electronic and radioengineering industries products.

Научное издание

Аль-Адеми Яхия Таха Абдо

**ВОДОСОДЕРЖАЩИЕ ИМИТАТОРЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.11.17 – Приборы, системы и изделия медицинского
назначения

Подписано в печать 12.12.2014. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 1,63. Уч. изд. л. 1,5. Тираж 60 экз. Заказ 465.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/238 от 24.03.2014,
№ 2/113 от 07.04.2014, № 3/615 от 07.04.2014.
ЛП № 02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровки, 6.