

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 666.974+661.666.4

Алрекаби  
Хасанин Талиб Мохамед

Моделирование экранов электромагнитного излучения  
на основе аморфного углерода для технических средств защиты  
информации

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-98 80 01 – Методы и системы защиты  
информации, информационная безопасность

Научный руководитель  
докт. техн. наук, профессор  
Лыньков  
Леонид Михайлович

Минск, 2015

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Электромагнитные излучения, которые возникают в результате эксплуатации различных приборов, аппаратуры и других средств радиоэлектроники, являются как средствами передачи информации, так и создают возможность перехвата такой информации или ее повреждения. Одним из методов решения таких проблем является электромагнитной экранирование. В данной работе в качестве основного материала для экранирования предложены такие материалы как технический углерод в виде порошков и водные растворы, инкорпорированы в межпорошковые объемы таких комбинированных сред. Данные материалы характеризуются значительным увеличением ослабления электромагнитного излучения при уменьшенных толщинах водосодержащих конструкций.

# **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

## **Цели и задачи исследования**

Цель работы состоит в разработке технологии создания высокоэффективных экранов электромагнитно излучения на основе порошков технического углерода и водных растворов, методик их герметизации и рекомендаций по использованию в системах информационной безопасности.

Основные задачи:

1. Провести обоснование выбора порошкообразного технического углерода и водных растворов в качестве дисперсных наполнителей экранов электромагнитного излучения;

2. Исследовать влияния состава водных растворов, вводимых в межпорошковые объемы (поры) технического углерода на характеристики поглощения и отражения электромагнитных волн;

3. Разработать технологию изготовления эффективных экранов электромагнитного излучения на основе герметизированного технического углерода и водных растворов для технических средств защит информации.

В качестве объектов исследования выбраны технический углерод в порошкообразной форме и водные растворы. Предметом исследования являются характеристики ослабления и коэффициенты отражения электромагнитного излучения.

## **Личный вклад соискателя**

Содержание диссертации отражает личный вклад соискателя. В работах, выполненных в соавторстве, автор принимал участие в определении целей, задач исследований, а также в проведении самих исследований и обработке полученных результатов.

## **Апробация и опубликованность результатов**

Основные полученные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международном научно-техническом семинаре «Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных» (Минск, Республика Беларусь, 2014 г.) и на XIII Белорусско-российской научно-технической конференции «Технические средства защиты информации».

## Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения и библиографического списка.

В первой главе рассмотрены взаимодействие электромагнитного излучения с наноматериалами, приведена классификация углеродосодержащих материалов, используемых при разработке конструкций экранов ЭМИ. Также рассмотрены различные электромагнитные каналы утечки информации.

Во второй главе рассмотрена методика проведения измерений экранирующих характеристик экранов ЭМИ.

Третья глава содержит результаты экспериментальных исследований экранирующих характеристик пропитанных порошков технического углерода различными водосодержащими материалами (этиленгликоль, 45 %-й раствор кальция хлористого, 51 %-й раствор магния хлористого, поливиниловый спирт, этиловый спирт, раствор поверхностно-активного вещества).

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения и библиографического списка. Полный объем диссертации составляет 65 страницы машинописного текста. Диссертация содержит 38 рисунков на 15 страницах. Библиографический список занимает 7 страниц и состоит из 98 наименований использованных источников и списка собственных публикаций соискателя из двух наименований на одной странице.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, показана необходимость в разработке технологии создания экранов электромагнитного излучения со стабильными экранирующими характеристиками.

В **первой главе** на основании выполненного обзора литературных источников определены основные электромагнитные каналы утечки информации. Эффективным методом снижения уровня ПЭМИ является экранирование их источников. Приведена классификация углеродосодержащих материалов, используемых при разработке конструкций экранов. Одни виды материалов способны отражать электромагнитные излучения в определенном диапазоне частот, другие – поглощать. Экранирующие конструкции в зависимости от области применения могут предъявляться дополнительные требования, такие как малая масса, гибкость, прозрачность в оптическом диапазоне длин волн, малые габариты, в частности, небольшая толщина и др.

В качестве проводящих компонентов для различных применений широко используются порошкообразный технический углерод в качестве дисперсных наполнителей в полимерном связующем, в различных смесях.

Во **второй главе** дано обоснование использования технического углерода в качестве порошкообразного наполнителя для создания экранов электромагнитного излучения, так он обладает каталитическими, восстановительными и бактерицидными свойствами, высокой механической прочностью и электропроводностью, способностью к взаимодействию со всеми связующими, обеспечивает получение строительных материалов в виде кирпича, бетона, кладочных и штукатурных растворов с электропроводными свойствами, способными экранировать электромагнитные излучения высоких частот.

Для экранирования излучений в радиолокационном диапазоне длин волн активно применяются композиционные влагосодержащие структуры с добавлением порошкообразных материалов. Большим достоинством использования воды в качестве основы для поглощающих влагосодержащих наноматериалов является ее высокая химическая активность, дающая возможность создавать растворы с различными свойствами на ее основе. Вода характеризуется высокой диэлектрической проницаемостью и является диэлектриком с низким удельным сопротивлением порядка  $10^3$ – $10^4$  Ом·м. При увлажнении диэлектрики заметно повышают величину тангенса угла диэлектрических потерь. Введение проводящих компонентов в раствор дополнительно создает потери на проводимость за счет возникновения вихревых токов в электролите. Использование органических и неорганических добавок, образующих соединения с

молекулами воды и ограничивающих их движение в электрическом поле, приводит к уменьшению диэлектрических потерь жидкости, понижению уровня коэффициента отражения ЭМИ однослойным влагосодержащим материалом.

Исследования экранирующих материалов связаны с измерением эффективности экранирования, то есть с измерением напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля в одной и той же точке пространства до и после установления экрана. Эффективность экранирования исследуемых конструкций экранов характеризуется коэффициентом ослабления энергии ЭМИ и коэффициентом отражения электромагнитных волн от экрана. Для исследования характеристик ослабления и коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 8–12 ГГц использовался панорамный измеритель ослабления и КСВН Я2Р–67 с ГКЧ–61, в диапазоне 0,7... 17 ГГц – измерительный комплекс SNA 0,01–18.

**Третья глава** содержит результаты исследования коэффициента отражения и передачи влагосодержащих образцов на основе порошков технического углерода, активированного угля, порошкообразного шунгита, графита, пропитанных водой в равных отношениях. Установлено, что ослабление ЭМИ такими образцами составляет величину –15 дБ для порошков шунгита, технического углерода и графита –25 дБ для активированного угля в частотном диапазоне 8–12 ГГц, что обусловлено различными характеристиками смачиваемости водой данных материалов. Значение коэффициента отражения ЭМИ в исследуемом частотном диапазоне характеризуется равномерным спектром и имеет значения –4 дБ для водосодержащего порошка графита и технического углерода; –2... –3 дБ для остальных образцов.

На следующем этапе проводилось исследование влияния различных составов водных растворов, вводимых в мелкодисперсный порошок технического углерода. В качестве водных растворов использовались этиленгликоль, 45 %-й раствор кальция хлористого, 51 %-й раствор магния хлористого, поливиниловый спирт, этиловый спирт, раствор поверхностно-активного вещества.

При использовании в качестве наполнителя растворов солей хлористого кальция или хлористого магния, коэффициент передачи составляет –40 дБ (раствор хлористого кальция), –23... –25 дБ (раствор хлористого магния). Коэффициент отражения для образцов № 3 и № 4 составляет –2... –3 дБ. При пропитывании порошка технического углерода спиртами этиленгликоль, ПВС, этиловый спирт, наименьший коэффициент передачи составляет –40 дБ. Для пропитанного технического углерода раствором ПАВ коэффициент передачи минимальный и составляет –40 дБ, коэффициент отражения в режиме согласованной нагрузки составляет –

7,4... –8,1 дБ, коэффициент отражения в режиме короткого замыкания изменяется в пределах –2,1... –2,4 дБ.

После просушки образцов, представлявших собой порошок технического углерода пропитанный разными растворами, получено, что коэффициент передачи увеличивается для всех образцов, за исключением технического углерода пропитанного ПВС, коэффициент передачи которого составил менее –40 дБ в диапазоне часто 8–12 ГГц.

Разработана конструкция базового модуля экрана ЭМИ, состоящая из порошкообразного технического углерода, жидкостного наполнителя, армирующего полотна, в качестве которого используется машинно-вязанное полиакрилонитриловое (ПАН) толщиной 1,5 мм или целлюлозное пористое полотно толщиной до 3 мм, герметизирующий материал (полиэтиленовая пленка).

Размер базового модуля может составлять до 50×50 см. Для создания экранов ЭМИ большой площади они легко могут быть соединены внахлест разъемным или неразъемным соединением. Вес 1 м<sup>2</sup> такого экрана электромагнитного излучения составляет 2,1 кг.

Коэффициент передачи в диапазоне частот 2–17 ГГц для экрана электромагнитного излучения на основе гибкого эластичного пенополиуретана, пропитанного водным раствором CaCl<sub>2</sub> с техническим углеродом составляет –9,7... –14 дБ, при расположении листа пенофола за исследуемым экраном, коэффициент передачи уменьшается до значений –13... –38 дБ. Коэффициент отражения, измеренный в режиме согласованной нагрузки, составляет –2,6... –13,5 дБ с установкой листа пенофола и без него. Коэффициент отражения, измеренный в режиме короткого замыкания, составляет –0,1... –13 дБ. При установке за экраном листа пенофола коэффициент отражения, измеренный в режиме короткого замыкания, составляет –4... –10 дБ в диапазоне частот 2–17 ГГц.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен анализ литературных данных и патентной информации. Показано, что основные технические каналы утечки информации представляют собой систему передачи информационного сигнала через различные среды. При этом наиболее важными с точки зрения информативности являются электромагнитные каналы утечки.

2. Описаны различные конструкции экранов электромагнитного излучения на основе технического углерода и возможные области их применения.

3. Выполнено обоснование совместного использования технического углерода в виде порошка и водных растворов. Проведено описание структурных особенностей водных сред и механизмы поглощения электромагнитной энергии такими средами. Обосновано введение в воду различных добавок для управления свойствами формируемых экранов электромагнитного излучения.

4. В соответствии с отражением и прохождением падающих на экраны электромагнитной волны предложены методики исследования экранирующих свойств в диапазоне частот 8–12 ГГц и 0,7–18 ГГц в различных условиях.

5. В результате исследований пропитки порошков углеродосодержащих материалов на основе технического углерода, шунгита (30 % углерода), активированного угля и графита дистиллированной водой показано, что технический углерод характеризуется отражением –4 дБ в диапазоне частот 8–12 ГГц (режим короткого замыкания).

6. В качестве наполнителя исследованы водные растворы этиленгликоля, 45%-й раствор хлористого кальция, 51%-й раствор хлористого магния, поливиниловый спирт, этиловый спирт, поверхностно-активные вещества. Показано, что введение водосодержащих растворов в межпорошковое пространство технического углерода позволяет в зависимости от состава раствора формировать экраны электромагнитного излучения с эффективностью ослабления до –40 дБ и коэффициентов отражения –7 дБ в диапазоне частот 8–12 ГГц при толщине экрана до 3 мм.

7. Разработана методика создания модулей гибких конструкций экранов электромагнитного излучения на основе водосодержащего технического углерода. Предложено в качестве основы использование различных армирующих полотен (трикотаж, целлюлозы) толщиной до 3 мм и герметизирующей полиэтилен-лавановой пленки. Предложены методы их клевого или механического крепления.



## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Абрекаби Хасанин Талиб Мохамед. Экраны электромагнитного излучения на основе влагосодержащего технического углерода // Е.С. Белоусова, Л.М. Лыньков, абдулсалам Муфтах Абулькасем Мохамед, Абрекаби Хасанин Талиб Мохамед // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных : материалы Международного научно-технического семинара, Минск, апрель–декабрь 2014 г. / БГУИР ; редкол. : М.Н. Бобов [и др.]. – Минск, 2014. – С. 77–80.

2. Абрекаби Хасанин Талиб Мохамед. Гибкие конструкции экранов электромагнитного излучения на основе влагосодержащего технического углерода / Е.С. Белоусова, Абдулсалам Муфтах Абулькасем Мохамед, Абрекаби Хасанин Талиб Мохамед, Л.М. Лыньков // Технические средства защиты информации : тезисы докладов XIII Белорусско-российской научно-технической конференции, Минск, 4–5 июня 2015 г. / БГУИР. – Минск, 2015. – С. 45.