



Положительно заряжен

АО «НПФ «Диполь»

197101, Санкт-Петербург, ул. Большая Монетная, д. 16

Тел./факс: +7 (812) 702-12-66

ИНН: 7804137537/ КПП: 781301001

info@dipaul.ru www.dipaul.ru

Дата 9.01.2025 № АПФ 25/2-30

На № 010/11/327.01-5 от 23.10.2024

Ученому секретарю

диссертационного совета 24.2.327.01,

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,

Волоколамское шоссе, д. 4

Высылаю отзыв на автореферат диссертации Семененко Владимира Николаевича на тему "Композитные материалы для антенной техники и СВЧ-устройств в сверхшироком диапазоне частот", представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.14 Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (технические науки).

- Приложение: 1. Отзыв, 2 экз., на 4 экз. каждый, в адрес.
2. Автореферат, 1 бр., в адрес.

С уважением,

Руководитель отдела ЭМС АО "НПФ "Диполь"

К.К. Басалаев

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«15» 01 2025 г.

ДИПОЛЬ

Положительно заряжен

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора АО "НПФ "Диполь"
председатель Межотраслевого совета по прикладной
метрологии и приборостроению при РСПП
председатель ТК по стандартизации ТК 072
"Электростатика"

Заслуженный метролог РФ
доктор технических наук, профессор



А.С. Кривов

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Семененко Владимира Николаевича** на тему:
"Композитные материалы для антенной техники и СВЧ-устройств в сверхшироком диапазоне частот", представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.14 Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (технические науки)

Исследование радиофизических свойств материалов, изучение тонкого механизма распространения электромагнитных волн в поглощающих средах всегда представляли интерес с момента активного использования электромагнитных эффектов в повседневной жизни. Несмотря на то, что основные процессы, определяющие эффекты распространения и поглощения электромагнитной энергии, достаточно широко изучены теоретически, статистическое накопление экспериментальных данных о поглощающих свойствах тех или иных материалов представляет интерес как с точки зрения уточнения моделей описания электрофизических процессов, так и со стороны потенциальных потребителей радиопоглощающих материалов, занятых в сфере создания малозаметной техники, разработки антенных систем с прогнозируемыми свойствами, обеспечения электромагнитной совместимости на межсистемном и внутрисистемном уровне. Обычно задачи создания радиопоглощающих материалов и исследования метрологического обеспечения измерений их характеристик как на уровне электрофизических параметров в виде проводимостей и проницаемостей, так и на функциональном уровне в виде коэффициентов отражения или поглощения, рассматривались исследователями отдельно, отдавая приоритет одной из них в некоторый ущерб другой. Итогом такого состояния явился тот факт, что не представлялось однозначно определить причины разброса характеристик исследуемых материалов, производимых в принципе по единому технологическому циклу. Иными словами, достоверно оценить влияние точности воспроизведения электрофизической структуры и состава материалов на качество поглотителя при отсутствии строгих обоснованных метрологических аспектов исследований представлялось сомнительной задачей. Именно поэтому рассмотрение в одной научно-исследовательской работе технологических и метрологических

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«15» 01 2025 г.

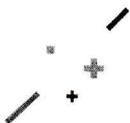


задач, как это сделано в диссертационной работе Семененко Владимира Николаевича, представляет несомненный **научно-практический интерес** и, безусловно, представляется **актуальной научной задачей** для создания широкодиапазонных радиопоглощающих материалов.

Целью диссертационных исследований соискатель ставит разработку в конечном счете сверхширокополосных материалов со стабильными свойствами, что является практически важным для различных сфер применения поглотителей, особенно в условиях переменчивых температурных нагрузок. Положительным моментом работы можно считать тот факт, что автор начинает решение задачи исследований с анализа существующих и разработки необходимых достоверных методик измерений электрофизических характеристик материалов, создавая научный и практический задел для последующей экспериментальной апробации предлагаемых технологий и практик создания поглотителей с заданными свойствами. Примечательно, что на этом этапе автором предложен ряд новых научных решений в части инструментальной реализации методик измерений, как то модификация используемых рупорных антенн из состава измерительной системы, внедрение дополнительных калибровочных процедур с использованием кварцевых стандартных образцов, оптимизированная компенсация и стробирование фоновых отражений, которые позволили проводить измерения коэффициента отражения с уровнем до минус 40 дБ в сверхшироком диапазоне частот 1-18 ГГц и до 40 ГГц. Несомненный практический интерес представляет разработанная автором методика измерений характеристик отражения в ближней зоне с использованием дифрагмированных рупорных антенн с нанесенным радиопоглощающим покрытием, что уменьшает негативное влияние краевых эффектов кромок исследуемых образцов на погрешность измерений. Важный научный интерес вызывают разработанные Семененко В.Н. предложения по доработке ряда используемых методик в направлениях обеспечения измерений поляризуемости включений композитных метаматериалов, оценки магнитной проницаемости в низкочастотном диапазоне с использованием коаксиальных трактов, оценивании свойств радиопоглощающих материалов по результатам измерений эффективной площади рассеяния. Остальные разделы диссертации, как следует из автореферата, составляющие доминирующую часть работы, посвящены технологии и конкретным процедурам создания стабильных и при этом широкополосных радиопоглощающих материалов с магнитными и диэлектрическими наполнителями. В подтверждение уникальных свойств материалов, создаваемых по предлагаемым технологиям, в работе приводятся результаты экспериментальных измерений частотных зависимостей коэффициентов отражения радиопоглощающих материалов и покрытий.

На основании анализа автореферата, можно сделать заключение, что основными важными **новыми научными результатами** диссертационных исследований являются:

- предложения по развитию методик измерений электрофизических характеристик материалов в части существенного расширения частотного диапазона измерений;





- выявленные технологические закономерности создания магнитных наполнителей для радиопоглощающих материалов, обеспечивающие их стабильные электрофизические свойства, со значительной вариацией их магнитных свойств;
- предложенная методология расчета и оптимизации структур однослойных и многослойных магнитодиэлектрических поглотителей с использованием разработанных наполнителей, позволяющая создавать как эффективные широкополосные материалы, так и узкополосные с широкой полосой настройки, в диапазоне частот от 1 ГГц до 40 ГГц;
- предложенные принципы построения систем диэлектрических поглотителей, отличающиеся от известных подходов включением в их состав тонких магнитных подслоев, что позволяет снизить влияние размерных эффектов при оценивании и описании отражающих свойств малогабаритных образцов поглотителей;
- выявленные закономерности электрофизических свойств метаматериалов, имеющие резонансный характер частотных дисперсий диэлектрической и магнитной проницаемостей и допускающие, таким образом, около нулевые значения их действительных частей, что позволяет создавать чрезвычайно эффективные поглотители в выбранных диапазонах частот;
- предложенные способы создания компактных волноводных согласованных нагрузок с низким значением КСВН, что чрезвычайно полезно и востребовано для калибровки измерительных трактов при измерениях низких уровней коэффициента отражения.

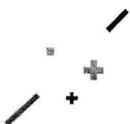
Материалы автореферата показывают, что результаты многолетних исследований по теме диссертации, широко публиковались в научной печати, активно докладывались на конференциях различного уровня, защищены несколькими патентами. Данные факторы свидетельствуют о **высокой достоверности** выводов и рекомендаций, а также **существенном личном вкладе** соискателя по итогам данной научной работы.

В целом, как следует из материалов автореферата, диссертационная работа Семененко В.Н. представляет собой **завершенную научно-исследовательскую работу, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения** по созданию сверхширокополосных радиопоглощающих материалов в СВЧ-диапазоне, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие антенной техники, создание современных образцов и радиотехнических испытательно-измерительных систем с заданными малоотражающими свойствами.

В качестве **замечаний и предложений** хотелось бы указать на следующие моменты:

- из автореферата не ясна сущность масштабирования методик измерений коэффициента отражения поглотителей в свободном пространстве, позволяющего проводить оценивание коэффициента отражения как в области сниженных частот до 0.2 ГГц, так и в сторону повышенных частот, вплоть до 110 ГГц;
- заявляя о проведенных аттестациях методик измерений, в автореферате не приводятся данные о количественных показателях точности измерений, что затрудняет оценить чувствительность разработанных методик измерений к диапазону изменения электрофизических характеристик поглотителей.

Однако, приведенные замечания носят рекомендательный характер, не умаляют научную новизну и практическую важность диссертационной работы. Диссертационная





работа Семенов В.Н. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., ред. от 16.10.2024 г., а ее автор Семенов Владимир Николаевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (технические науки).

Руководитель направления ЭМС и радиоизмерений АО «НПФ «Диполь»
Доктор технических наук Смирнов А.П.

« 28 » 12 2024 г.

Контактные данные:

Тел. +79035024925

E-mail: smirnov@dipaul.ru

Подпись и персональные данные Смирнова А.П. заверяю:

Руководитель отдела ЭМС АО «НПФ «Диполь»



К.К. Басалаев

С отзывом ознакомлен 15.01.2025г. Семенов В.Н.

