



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«Центральный научно-исследовательский
радиотехнический институт имени академика А.И. Берга»

Новая Басманная ул., д. 20, стр. 9, Москва, 107078
Тел. (499) 267-43-93 Факс (499) 267-21-43 Телеграф: ПАЛЬМА E-mail: post@cnirti.ru
ОКПО 11487465, ОГРН 1167746458648, ИНН/КПП 9701039940/770101001



29.11.2024 № ТС-21/10501

Учёному секретарю
диссертационного совета 24.2.327.01
на базе ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»
(МАИ)
Горбуновой А.А.
Волоколамское шоссе, д.4,
г. Москва, А-80, ГСП-3, 125993

Уважаемая Анастасия Александровна!

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

Приложение: отзыв на автореферат диссертации в 2 экз. на 5 л. каждый.

С уважением,

Генеральный директор,
председатель Учёного совета,
доктор технических наук, профессор

Г.И. Андреев

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«9» 12 2024 г.



29.11.2024 № ПС-21/10501

Экз.№

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор,

председатель Ученого совета,
доктор технических наук, профессор

Г.И. Андреев

25» 4 2024 г.



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)

Диссертационная работа Семененко В.Н. посвящена исследованию микроволновых свойств композитных материалов в сверхшироком диапазоне частот и разработке новых технических и технологических решений по созданию на их основе сверхширокополосных радиопоглощающих материалов и покрытий с целью улучшения радиотехнических характеристик антенн и СВЧ-устройств различного назначения. Для этой цели совершенствовалась и развивалась методика измерений материальных параметров композитных материалов в свободном пространстве на основе диафрагмированных линзовых рупорных антенн, являющаяся наиболее приемлемой для широкополосных измерений композитов с высокими значениями проницаемостей и значительными магнитодиэлектрическими потерями, и составившая основу содержания **первой главы** диссертации. Разработаны методики измерений параметров материалов в свободном пространстве на основе векторных анализаторов цепей в широких диапазонах частот 0,2 – 2,0; 1-24; 22-40 и 75-110 ГГц и стенды на их основе, метрологически аттестованные уполномоченными организациями.

УДЕН КОМПЛЕКТОМ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«9» 12 2024 г.

022011

Разработанные методики измерений параметров материалов в свободном пространстве явились основным инструментарием для исследования микроволновых свойств композитных материалов различного состава в сверхшироком диапазоне частот.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию микроволновых свойств магнитных композитных материалов на основе коммерчески доступных порошков карбонильного железа. Разработан эффективный метод стабилизации электрофизических свойств порошков карбонильного железа путем сухого помола порошка карбонильного железа с добавкой окиси кремния в вибромельнице. Полученный таким способом магнитный наполнитель КЖ-3А обладает низкой степенью агломерированности и обеспечивает низкие значения диэлектрических потерь композитов, наполненных магнитным наполнителем КЖ-3А. Модификация порошков карбонильного железа комбинацией методов сухого и мокрого помолов порошка карбонильного железа в атриторе (магнитные наполнители КЖ-2 и КЖ-6) позволила значительно увеличить магнитные потери композитов с такими магнитными наполнителями. На основе стабильных магнитных наполнителей с увеличенными магнитными потерями, получаемых комбинацией методов сухого и мокрого помолов, разработаны однослойные эффективные магнитные радиопоглощающие покрытия, перекрывающие диапазон частот от 0,1 до 46 ГГц с коэффициентом отражения менее минус 20 дБ в ограниченном диапазоне частот.

Третья глава диссертации посвящена разработке сверхширокополосных радиопоглощающих покрытий на основе градиентных многослойных магнитных композитных материалов, наполненных разработанными стабильными магнитными наполнителями КЖ-3А, КЖ-2 и КЖ-6. Разработанные сверхширокополосные многослойные радиопоглощающие покрытия РАН-54, РАН-67, РАН-43, РАН-79 и РАН-85 нашли широкое применение в антенной технике - на зеркале параболической антенны системы радиомониторинга для стабилизации ширины диаграммы направленности параболической антенны в угломестной плоскости в широком диапазоне частот от 2 до 18 ГГц, на антенных платформах спиральных антенн систем радиомониторинга, размещаемых на различных изделиях, с целью снижения изрезанности диаграмм направленности спиральных антенн в сверхшироком диапазоне частот от 1 до 40 ГГц. Разработанный ферроэпоксид РАН-89 на основе магнитного наполнителя КЖ-3А показал практическую значимость для изготовления согласованных волноводных нагрузок с низким значением КСВН в сантиметровом диапазоне частот. На основе двухслойного магнитного радиопоглощающего покрытия

РАН-87 на основе разработанного магнитного наполнителя КЖ-3А впервые разработана эффективная компактная (толщиной около 2,5 мм) согласованная волноводная нагрузка для диапазона частот 34-36 ГГц.

В четвертой главе диссертации представлены разработки широкополосных диэлектрических радиопоглощающих материалов на основе полупроводящих пенополиуретанов и областей их практических приложений в антенной технике. Разработана серия стабильных диэлектрических радиопоглощающих материалов РАН-29М, РАН-28М, РАН-46М и РАН-68М, обладающих стабильными электрофизическими характеристиками с низким коэффициентом отражения в диапазоне частот от 1 до 40 ГГц. Показано, что использование магнитных подслоев в системах материалов с диэлектрическими радиопоглощающими материалами способно минимизировать так называемый размерный эффект коэффициента отражения таких систем материалов – зависимость коэффициента отражения системы материалов от ее габаритных размеров, соизмеримых с длиной электромагнитной волны. Определены области эффективных приложений разработанных систем диэлектрических радиопоглощающих материалов для снижения бокового и заднего излучения различных апертурных антенн, снижения «завязки» близкорасположенных рупорных антенн. Диэлектрический радиопоглощающий материал РАН-90 с высокими диэлектрическими потерями в метровом диапазоне длин волн (300 МГц) нашел эффективное применение внутри экранирующего металлического кожуха для проверки работоспособности радиостанции со штыревой антенной.

Пятая глава посвящена исследованию нового типа композитных материалов – искусственных магнитодиэлектриков, так называемых метаматериалов, содержащих в своем составе резонансные включения различной природы. Подробно исследованы искусственные магнетики на основе диэлектрических резонаторов с диэлектрической проницаемостью от 120 до 2700. Получено фундаментальное ограничение для магнитной эффективности (отношение амплитуды к добротности резонанса магнитной проницаемости) искусственного магнетика – сумма магнитных эффективностей всех магнитных резонансов магнетика не может быть более единицы. Метаматериал на основе разорванных проволочных колец нашел практическое использование для коррекции угломестных диаграмм направленности антенны базовой станции мобильной связи диапазона 874 МГц. Показано, что для практических приложений наиболее востребованными оказались искусственные магнитодиэлектрики на основе гомогенной смеси лево- и правозакрученных проволочных спиралей, обладающие сравнимыми резонансами эффективной магнитной и диэлектрической проницаемости в

одном и том же диапазоне частот. Метаматериалы на основе смеси лево- и правозакрученных проволочных спиралей оказались эффективными поглощающими материалами в области частот с околонулевыми значениями диэлектрической и магнитной проницаемости для снижения бокового и заднего излучения различных апертурных антенн. На основе метаматериала на основе смеси лево- и правозакрученных проволочных спиралей и двух магнитных подслоев на основе разработанных магнитных наполнителей КЖ-2 и КЖ-3А создан сверхширокополосный радиопоглощающий материал, обладающий низкими массогабаритными характеристиками с коэффициентом отражения менее минус 10 дБ в широком диапазоне частот от 5 до 33 ГГц.

Автореферат диссертации Семененко В.Н. в достаточной степени дает представление о проведенных автором исследованиях и разработках. Однако, при его рассмотрении возникли некоторые замечания, не влияющие на ценность и практическую значимость полученных результатов:

1. В автореферате не указаны требования к габаритным параметрам образцов материалов для корректного измерения их электрофизических параметров на стендах в свободном пространстве.

2. Не представлено сравнение радиотехнических характеристик разработанных сверхширокополосных радиопоглощающих покрытий с имеющимися аналогами в России и за рубежом.

3. Не отражены преимущества и недостатки метаматериалов на основе диэлектрических резонаторов.

4. В тексте содержатся незначительные орфографические ошибки, не имеющие критического значения, например, в описании параграфа 4.1 на с.25 отсутствует запятая между X-1 и X-2, в п.1 заключения на с.29 имеется повтор фраз.

После рассмотрения автореферата можно сделать вывод о том, что в диссертационной работе Семененко В.Н. изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения по созданию сверхширокополосных радиопоглощающих материалов и покрытий в СВЧ диапазоне, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие антенной и СВЧ техники – позволяет значительно улучшить радиотехнические характеристики антенн и СВЧ-устройств различного назначения.

Диссертация Семененко В.Н. обладает научной новизной и имеет важное практическое значение. Диссертационная работа Семененко В.Н. представляет собой законченную научно-квалификационную работу,

которая соответствует всем критериям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., ред. 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).

Советник генерального конструктора

по космическим и авиационным системам -

заместителя генерального директора,

доктор технических наук, доцент

Борис Васильевич Хлопов

Место работы:

АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»

Адрес: ул. Новая Басманная, д. 20, стр. 9, г. Москва, 107078

Телефон: (499)267-43-93, E- mail: post@cnirti.ru

Подпись советника генерального конструктора по космическим и авиационным системам - заместителя генерального директора, доктора технических наук, доцента Бориса Васильевича Хлопова заверяю.

Ученый секретарь

кандидат технических наук



Виктор Викторович Карев

С отзывом ознакомлен

09.12.2024 г.