



МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»

Льва Толстого ул., д. 23, г. Самара, 443010. Телефон: (846)333-58-56. E-mail: info@psuti.ru, www.psuti.ru
ОКПО 01179900; ОГРН 1026301421992; ИНН/КПП 6317017702/631701001

№ _____

На № _____

от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,

_____ наук, профессор

_____ чкин Олег Валериевич

Р _____ 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» на диссертацию Сафонова Фёдора Сергеевича «Многолучевые антенные решетки с диаграммообразующей схемой на основе линзы Ротмана для систем радиопеленгации и связи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

1. Актуальность темы диссертации для науки и практики

Важными направлениями развития систем радиопеленгации и систем связи являются:

- возможность формирования многолучевых диаграмм направленности в широкой полосе рабочих частот;

- минимизация габаритных размеров антенных систем;
- повышение точности оценки угловых координат источников радиоизлучения;
- повышение разрешающей способности приемной антенной системы по угловым координатам;
- возможность изготовления антенной системы с использованием технологии производства печатных плат.

Актуальной научной задачей является обоснование и апробация возможности оценки угловых координат источников радиоизлучения с помощью антенной системы, состоящей из элементов, не имеющих фазовых центров, запитанной с помощью линзы Ротмана в печатном исполнении.

Другой актуальной задачей является исследование возможности использования методов формирования «виртуальных» антенных решеток интерполяционного и экстраполяционного типа для снижения уровня боковых лепестков приемной антенной системы, а также – повышения ее разрешающей способности по угловым координатам.

В связи с тем, что в диссертации Сафонова Фёдора Сергеевича «Многолучевые антенные решетки с диаграммообразующей схемой на основе линзы Ротмана для систем радиопеленгации и связи» методика проектирования многолучевых антенных решеток с диаграммообразующей схемой на основе печатной линзы Ротмана, а также – методы формирования дополнительных «виртуальных» каналов приема на основе использования сигналов, принятых радиопеленгаторной антенной решеткой, тема диссертации является актуальной для науки и практики.

2. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

В диссертационной работе автором получен ряд важных научных результатов, обладающих научной новизной, среди которых необходимо выделить следующие:

– разработана методика проектирования печатной линзы Ротмана дециметрового диапазона волн, тело которой сложено по прямой линии, разделяющей области линзы, подключенные, с помощью полосковых трансформаторов, к антенным элементам, и к высокочастотному коммутатору, с целью уменьшения габаритных размеров диаграммообразующей схемы многолучевой антенной решетки;

– разработана математическая модель разворота на 180 градусов в Е-плоскости печатной линзы Ротмана, основанная на использовании метода частичных областей и редуцирования бесконечной парной системы линейных алгебраических уравнений с учетом условия Мейкснера, предназначенная для расчета S- параметров СВЧ устройства;

– разработана методика проектирования многолучевых антенных решеток дециметрового диапазона волн, состоящих из широкополосных плоских вибраторов с экраном и директорами, а также – из щелевых элементов с директорами, для запитки которых используется диаграммообразующая схема на основе печатной линзы Ротмана, предназначенных для использования в аппаратуре пассивной когерентной локации, а также – в базовых станциях сотовой связи, основанная на использовании подходов декомпозиции и рекомпозиции, а также – метода конечного интегрирования Вейланда, реализованного в пространственно-временной области;

– разработана и апробирована методика формирования интерполяционной и экстраполяционных «виртуальных» антенных решеток, основанная на использовании кубических сплайнов, и метода линейного прогноза Бурга, соответственно, позволяющая уменьшить уровень боковых лепестков, а также – повысить разрешающую способность по угловым координатам приемной антенной системы, включающей в себя, помимо физических элементов антенной решетки, также «виртуальные» элементы – пространственные отсчеты электромагнитного поля.

Достоверность подтверждается корректным применением методов синтеза и анализа антенн, вычислительных методов технической электродинамики, методов математического моделирования, а также - стандартных методик натурных экспериментальных исследований антенн. Результаты работы не противоречат полученным и опубликованным ранее в литературе результатам других авторов. Достоверность приведенных экспериментальных данных подтверждается использованием стандартных методик измерения параметров антенн. Полученные результаты не противоречат основным положениям теории антенн и электродинамики, а также – опубликованным результатам других авторов по исследуемой тематике. Теоретическое обоснование полученных результатов проводилось на основе фундаментальных положений электродинамики и теории антенн.

Основные положения и результаты диссертационной работы апробированы на следующих научно-технических конференциях: XXIV Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь» (Воронеж 2018); XXV Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь» (Воронеж 2019); XXVI Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь» (Воронеж 2020); XXVII Международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию полетов в космос Ю.А. Гагарина и Г.С. Титова «Радиолокация, навигация, связь» (Воронеж 2021).

Основные результаты диссертации опубликованы в 21 работе, из них 11 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 работа опубликована в издании, индексируемом в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, 7 работ опубликовано в сборниках трудов международных научно-технических конференций и других публикаций. Опубликованные работы достаточно полно отражают тематику и основные результаты, полученные в диссертации.

3. Значимость полученных результатов для науки и практики.

Теоретическая значимость работы заключается в создании методологии анализа и синтеза многолучевых антенных решеток с диаграммообразующей схемой на основе линзы Ротмана для аппаратуры радиопеленгации и связи, а также – в разработке методов формирования «виртуальных» антенных элементов – дополнительных каналов приема сигналов, на основе использования процедур интерполяции и экстраполяции пространственного распределения 5 электромагнитного поля, измеренного с помощью элементов физической антенной решетки. Показано, что формирование «виртуальной» антенной решетки позволяет повысить разрешающую способность приемной антенной системы по угловым координатам.

Практическая значимость работы заключается в существенном уменьшении габаритных размеров диаграммообразующей схемы многолучевых антенных решеток за счет использования сложенного варианта конструкции печатной линзы Ротмана, что позволяет снизить габаритные размеры самой антенной системы, которая будет лучше интегрироваться в архитектуру стационарных и мобильных объектов размещения, а также существенно повысится безопасность и надежность оборудования за счет более удобного и простого способа маскировки антенной системы, а также – в возможности существенного снижения уровня боковых лепестков приемной антенной системы при использовании интерполяционной «виртуальной» антенной решетки, и повышении ее разрешающей способности по угловым координатам, увеличения коэффициента направленного действия приемной антенной системы, при формировании экстраполяционной виртуальной антенной решетки.

Основные результаты работы внедрены в АО Научно-производственное предприятие «Автоматизированные системы связи» (г. Воронеж) при разработке и создании пассивного когерентного радиолокатора, в Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» в учебный процесс

при проведении лабораторных занятий по дисциплинам «Устройства СВЧ и антенны», «Электродинамика и распространение радиоволн», что подтверждается соответствующими актами внедрения. Соискатель принимал участие в решении научно-исследовательских задач по гранту РФФИ № 19-79-10109 «Аппроксимация пространственного распределения электромагнитного поля в окрестности расположения трехмерных рассеивателей с априорно неизвестными геометрией и материальными свойствами с целью формирования дополнительных "виртуальных" каналов радиоприема», реализованному в Воронежском государственном техническом университете в 2020-2022 гг.

4. Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Результаты диссертации будут полезны разработчикам многолучевых антенных систем аппаратуры связи и радиоконтроля, а также – аспирантам и студентам радиотехнических специальностей.

Результаты работы могут быть использованы при разработке систем связи как гражданского, так и военного назначения. Помимо предприятий, перечисленных в актах внедрения, считаем возможным использование результатов на таких предприятиях, как, АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж), АО «Иркос» (г. Москва), Военная академия связи имени маршала Советского Союза С.М. Буденного (г. Санкт-Петербург).

5. Замечания по диссертации.

По работе имеется ряд замечаний:

1. Автор в названии диссертации претендует на разработку и исследование антенных систем для аппаратуры радиопеленгации и связи; однако, в работе отсутствуют данные о создании антенной системы для аппаратуры связи – имеются лишь результаты исследований антенной системы пассивного когерентного радиолокатора.

2. В диссертации отсутствуют результаты об изготовлении макета и натурных испытаний многолучевой антенной системы на основе плоской линзы Люнеберга и ТЕМ- рупора; приведены лишь данные электродинамического моделирования данной антенной системы.

3. Работа, безусловно бы, выиграла, если бы соискатель предпринял попытку запатентовать исследуемые антенные системы и способы формирования «виртуальных» антенных элементов.

4. В работе имеется ряд стилистических неточностей, затрудняющих ее изучение.

5. Для упрощения оценки степени совпадения полученных расчетных и экспериментальных результатов желательно было бы приводить их на одних и тех же графиках с соответствующим обозначением кривых.

Указанные замечания не снижают научную ценность и практическую значимость диссертационной работы, которая выполнена на высоком научно-техническом уровне, имеет логичную структуру и заслуживает положительной оценки.

6. Заключение.

Диссертация Сафонова Фёдора Сергеевича «Многолучевые антенные решетки с диаграммообразующей схемой на основе линзы Ротмана для систем радиопеленгации и связи» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной **научно-технической задачи** – разработки методики проектирования многолучевых антенных решеток с диаграммообразующей схемой на основе печатной линзы Ротмана для систем радиопеленгации и связи, применение которой дает возможность существенно повысить энергетический потенциал систем радиопеленгации и связи, существенно повысить разрешающую способность систем радиопеленгации по угловым координатам, реализовать режим ММО в аппаратуре связи с пространственно-угловым разделением абонентов.

Материалы автореферата соответствуют основным положениям диссертации, правильно и достаточно полно передают её содержание и полученные результаты.

Содержание диссертации соответствует пунктам 2, 3, 8, 9, 10 паспорта специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

По объему выполненных исследований, научной и практической новизне, оформлению и практической ценности работа соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Сафонов Фёдор Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры радиоэлектронных систем ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» « 29 » августа 2023 г., протокол № 1.

Отзыв составил:

Кандидат физико-математических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой радиоэлектронных систем (РЭС) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ПГУТИ)



Вороной Андрей Андреевич