

**Отзыв научного руководителя
на диссертацию Сафонова Фёдора Сергеевича**

**«Многолучевые антенные решетки с диаграммообразующей схемой на
основе линзы Ротмана для систем радиопеленгации и связи», выполненную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14.
Антенны, СВЧ-устройства и их технологии**

Сафонов Фёдор Сергеевич окончил Воронежский государственный технический университет по специальности «Радиоэлектронные системы и комплексы». Работает ассистентом кафедры радиоэлектронных устройств и систем Воронежского государственного технического университета.

В 2022 году окончил обучение в аспирантуре Воронежского государственного технического университета по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Актуальность темы диссертации Федора Сергеевича обусловлена необходимостью повышения энергетического потенциала и разрешающей способности по угловым координатам систем радиопеленгации и связи. Актуальная научная задача повышения чувствительности и разрешающей способности по угловым координатам систем радиопеленгации, а также – повышения дальности действия систем связи дециметрового и сантиметрового диапазонов волн решена в диссертации Сафонова Ф.С. путем использования различных модификаций линзы Ротмана, а также – методов формирования виртуальных антенных решеток.

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

Соискателем решены следующие научно-технические задачи:

- разработана методика проектирования многолучевых антенных решеток из щелевых и вибраторных элементов с диаграммообразующей схемой на основе линзы Ротмана, характеризующихся значениями коэффициента стоячей волны в активном режиме не более 2.0 при отклонении луча от нормали на угол до 45 градусов, а также – уменьшением коэффициента усиления (КУ) при отклонении луча от нормали по закону, приближающемуся к косинусоидальному, описывающему проекцию апертуры антенной решетки на текущее направление максимального значения КУ;

- разработана методика проектирования сложенной линзы Ротмана, реализованной в виде печатной платы;

- разработаны методы формирования «виртуальных» антенных решеток – дополнительных пространственных отсчетов поля, используемых для повышения разрешающей способности приемной антенной системы.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- 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.

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 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 сложного варианта конструкции печатной линзы Ротмана, 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 при формировании экстраполяционной виртуальной антенной решетки.

Степень достоверности полученных соискателем результатов подтверждается корректным применением методов анализа и синтеза антенн, методов математического моделирования и вычислительных методов технической электродинамики. Приведенные в работе экспериментальные данные с высокой точностью совпадают с данными, полученными в ходе численного эксперимента. Достоверность полученных экспериментальных данных

подтверждается использованием стандартных методик измерения параметров антенн.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах, 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.

Все основные результаты диссертации получены соискателем лично.

Фёдор Сергеевич Сафонов показал себя сложившимся научным работником, грамотным и трудолюбивым специалистом, обладающим глубокими знаниями в выбранной диссертационной специальности. Отличное владение вычислительной и измерительной техникой, хорошее знание английского языка являлись факторами, способствовавшими успешному завершению научной работы и достижению ее основной цели – разработки методики проектирования многолучевых антенных решеток с диаграмообразующей 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; реализации режима ММО в аппаратуре связи с пространственно-угловым разделением абонентов; интегрального исполнения сверхширокополосной антенной решетки с формированием многолучевой диаграммы направленности в плоскости вектора напряженности электрического поля.

Считаю, что Фёдор Сергеевич Сафонов достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии, а представленная диссертация полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ.

Профессор кафедры радиоэлектронных устройств и систем Воронежского государственного технического университета, доктор технических наук, профессор

10.04.2023 г.

Пастернак Юрий Геннадьевич

г.Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

тел.: +7(473)207-22-20 (доб. 6090)

e-mail: faddey52@mail.ru

Личную подпись Пастернака Ю.Г.
заверяю: проректор по учебной ра

А.И.Колосов