

Отзыв научного руководителя
на диссертацию Ищенко Евгения Алексеевича
«Разработка и исследование антенн с частотным сканированием для
обнаружения малых высокомобильных роботизированных комплексов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности

2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Ищенко Евгений Алексеевич, 1998 года рождения.

В 2022 г. окончил специалитет ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы». С 2022 г. по н.в. работает в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» на кафедре радиоэлектронных устройств и систем в должности ассистента.

За время работы в ВГТУ соискатель принимал участие в ряде научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ:

- грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-57.2020.9 «Исследование и разработка опто-управляемого метаматериала для создания многофункциональных сверхширокополосных антенных систем»;

- грант Российского научного фонда № 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»;

- продленный грант Российского научного фонда № 19-79-10109-П;

- государственное задание № FZGM-2024-0003 по созданию молодежной лаборатории «Помехоустойчивых систем связи и управления наземными и воздушными беспилотными роботизированными аппаратами»;

- государственное задание № FZGM-2023-0011 «Разработка и исследование аппаратно-программного комплекса, обеспечивающего функциональность беспилотных летательных аппаратов малого радиуса действия»;

- государственное задание № FZGM-2024-0006 «Разработка и исследование принципов создания системы обнаружения беспилотных летательных аппаратов с использованием аэромобильных антенных систем»;

- государственное задание № FZGM-2025-0002 «Разработка и исследование принципов создания технического комплекса защиты объектов от беспилотных летательных аппаратов на основе мультисенсорных систем обнаружения»

В процессе обучения были получены грамоты и дипломы:

- Специальный диплом оргкомитета конкурса инновационных идей «Созвездие Z» в номинации «Будь на связи» – Связь и логистика, АО «Концерн «Созвездие» 2020 год;

- Диплом за лучший доклад на XXX Международной научно-

технической конференции «Радиолокация, навигация и связь»;

– Финалист конкурса научно-исследовательских работ VIII Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ в секции «Физика и астрономия» «Наука будущего – наука молодых» 2023 г.;

– Благодарность за помощь в организации международной конференции «Радиолокация, навигация, связь» 2024 г.;

– Благодарственное письмо генерального директора АО НВП «ПРОТЕК», 2024 г.;

– Диплом лауреата I степени областного конкурса «Инженер года - 2023» по категории «Инженерное искусство молодых»;

– Диплом за победу в ежегодном межвузовском конкурсе инновационных проектов «Кубок инноваций» 2024.

Актуальность темы диссертации Евгения Алексеевича обусловлена необходимостью повышения эффективности обнаружения высокомобильных роботизированных комплексов при использовании систем радиолокации без применения антенных решеток с системами фазовращателей.

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

п. 2. Исследование характеристик антенн и микроволновых устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т. д.;

п. 3. Исследование и разработка новых антенных систем, активных и пассивных микроволновых устройств, в том числе управляющих, фазирующих, экранирующих и других, с существенно улучшенными параметрами;

п. 9. Разработка методов автоматизированного проектирования и оптимизации антенных систем и микроволновых устройств широкого применения.

Соискателем решены следующие научно-технические задачи:

Проведен анализ современного состояния и перспективных тенденций развития теории, техники и технологий производства антенных систем с частотным сканированием и технологий диаграммообразования для реализации возможностей гибридного отклонения главного луча антенны без применения фазовращателей;

Разработаны методики формирования конструкции антенных систем на основе амплитудных дифракционных решеток, выявлении эффекта замедления электромагнитных волн в области между дифракционной формирующей решеткой и возбуждающими линиями;

Разработаны методики формирования антенных систем на основе рельефно-фазовых дифракционных решеток (типа эшелетт), позволяющие реализовать широкий угол сканирования на основе двухпортовой возбуждающей линии. Исследованы характеристики взаимного влияния линии возбуждения и дифракционных решеток, определены предельные режимы сканирования антенной системы;

Выявлены влияния коэффициентов замедления в линиях, а также их зависимость от основных геометрических и конструктивных параметров антенн с частотным сканированием;

На основании проведенных исследований был предложен новый метод графического представления характеристик антенн с возможностью частотного сканирования;

Разработана методика реализации антенн с гибридным сканированием на основе использования частотного и электронного (коммутационного) отклонения лепестка антенны. Для реализации системы диаграммообразования предложено использовать линзовые схемы на основе апланатической и линзы Люнеберга, обеспечивающие широкоугольное отклонение лепестка в пространстве для реализации антенн с максимальным сканированием;

Проведены натурные испытания макетов разработанных антенн с частотным сканированием с учетом возможности изготовления методами на основе аддитивных технологий.

Научной новизной обладают следующие положения диссертации:

разработаны методики формирования конструкции антенных систем на основе амплитудных дифракционных решеток, выявлении эффекта замедления электромагнитных волн в области между дифракционной формирующей решеткой и возбуждающими линиями. Выявлено влияние основных характеристик дифракционной решетки на уровень коэффициента направленного действия, углов сканирования решеткой, коэффициента полезного действия, эффективности связи между решеткой и возбуждающей линией;

разработаны методики формирования антенных систем на основе рельефно-фазовых дифракционных решеток (типа эшелетт), позволяющие реализовать широкий угол сканирования на основе двухпортовой возбуждающей линии. Исследованы характеристики взаимного влияния линии возбуждения и дифракционных решеток, определены предельные режимы сканирования антенной системы. Исследованы зависимости уровней направленного действия антенны от числа антенных элементов, выбрана оптимальная конструкция однопроводной линии для возбуждения антенной решетки;

на основании исследований антенн с частотным сканированием предложена возможность представления основных характеристик антенн в виде трехмерного графика, связывающего между собой угол сканирования, частоту наблюдения угла сканирования, уровня коэффициента направленного действия антенны – сканирующий куб;

разработана методика реализации антенн с гибридным сканированием на основе использования частотного и электронного (коммутационного) отклонения лепестка антенны. Для реализации системы диаграммообразования предложено использовать линзовые схемы на основе апланатической и линзы Люнеберга, обеспечивающие широкоугольное

отклонение лепестка в пространстве для реализации антенн с максимальным сканированием.

Теоретическая значимость заключается в создании методов формирования антенных систем с частотным сканированием на основе дифракционных решеток отражательного типа. Выведены выражения расчета углов направления излучения антенны при выполнении частотного сканирования с учетом возникающей области замедления между линией возбуждения и дифракционной отражательной решеткой. Оценены методами электродинамического моделирования связь коэффициента замедления в линии от параметров конструкции и геометрии антенны.

Практическая значимость работы заключается в разработке и создании антенных систем радиолокаторов бортового и наземного базирования, способных обеспечить сканирование пространства без использования сосредоточенных элементов и фазовращателей, что значительно удешевляет процесс производства антенной системы, а также обеспечивает рост надежности ее использования. Использование систем диаграммообразования на основе линованных систем позволило реализовать двухкоординатное сканирование на основе электронного и частотного отклонения лепестка.

Степень достоверности полученных результатов обусловлена применением известных методов синтеза и анализа антенн, корректным использованием методов математического моделирования и вычислительных методов технической электродинамики, а также проведением экспериментальных исследований для верификации полученных расчетных результатов. Для выполнения расчетов использовались специализированные системы автоматизированного проектирования – PTC MathCAD, Autodesk Inventor 2025, DS CST Studio Suite 2025. Полученные результаты не противоречат фундаментальным законам физики, теории и техники антенн, электродинамики, а также ранее полученным результатам исследований других авторов. Теоретическое обоснование полученных результатов проводилось с использованием фундаментальных законов электродинамики, теории и техники антенн. В качестве инструментальных средств при проведении натурных испытаний использовалось поверенное измерительное оборудование компаний Rohde&Schwarz и АКИП. При производстве компонентов антенн использовалось специализированное аддитивное оборудование Picaso 3D Designer XL Series 2, Bambu Lab X1 Carbon Combo.

Основные результаты диссертации опубликованы в 13 статьях, рекомендованных ВАК для публикации результатов по специальности 2.2.14. 7 работ опубликовано в изданиях, индексируемых в международной цитатно-аналитической базе данных Scopus, 5 работ опубликовано в сборниках трудов международных научно-технических конференций, получен 1 патент на полезную модель, получены 3 свидетельства на государственную регистрацию программ для ЭВМ.

Все основные результаты диссертации получены соискателем лично.

Ищенко Евгений Алексеевич показал себя сложившимся научным работником, талантливым и трудолюбивым инженером, обладающим глубокими знаниями в области теории, техники и технологии производства антенн и СВЧ устройств. Отличное знание теории, современного состояния техники и технологии производства антенн с частотным сканированием, а также навыков применения передовых методов производства, как аддитивное изготовление, владение вычислительной и измерительной техникой, хорошее знание английского языка являлись факторами, способствовавшими успешному завершению научной работы и достижению ее основной цели – разработки конструкций и методологий проектирования антенн с частотным сканированием на основе дифракционных явлений электромагнитных волн, основные характеристики которых позволяют обеспечить устойчивое функционирование систем обнаружения высокоомобильных автономных роботизированных комплексов.

Считаю, что Ищенко Евгений Алексеевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук, а подготовленная диссертация полностью удовлетворяет требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Научный руководитель,
кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры радиоэлектронных
устройств и систем

 Фёдоров Сергей Михайлович

10.11.2020г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Воронежский государственный технический
университет»

394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Тел.: +7 (473) -207-22-20 доб. 6090, +7-904-210-05-35

E-mail: reus.kaf@cchgeu.ru

Подпись Фёдоров С.М., заверяю:

Проректор по науке и инновациям ФГБОУ ВО «ВГТУ»

д.т.н., доц.



А.В. Башкиров