

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию и автореферат диссертации С.А. Шабалина
«Разработка и исследование способов построения фазированных антенных
решеток миллиметрового диапазона для радиолокационных систем
интеллектуальных транспортных средств», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 –
«Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Одним из неотъемлемых элементов любой радиолокационной системы является ее антенна, которая определяет сектор обзора для принимаемого сигнала, разрешающую способность по угловым координатам, а также оказывает решающее влияние на дальность действия. Важной особенностью проектирования подобных систем является определение способа формирования пространственных характеристик излучения, а также пространственно-временной обработки отраженных от лоцируемых объектов сигналов. Основой решения указанных задач является разработка методов построения антенных систем и пространственно-временной обработки в приеме-передающих модулях.

Поэтому диссертация Шабалина С.А., посвященная исследованию и разработке технологии проектирования фазированных антенных решеток (ФАР) миллиметрового диапазона волн, представляется выполненной на **актуальную тему.**

В работе анализируются характеристики существующих радаров и предлагаются решения в части построения ФАР для перспективных систем. Принимая во внимание, что существующие приемо-передающие модули обладают малым количеством каналов, а излучаемая радаром мощность ограничивается уровнем 10 мВт, рассмотренные методы построения антенн, обеспечивающих заданную дальность обнаружения и разрешающую способность по углу в широком секторе обзора, имеют важное значение для практического применения. Отдельное внимание автор уделил вопросу обнаружения целей и контроля движения на железнодорожном переезде. С учетом требований к высокой функциональной надежности и уровню углового разрешения в широком секторе Шабалиным С.А. рассмотрена антенна для радара, входящего в комплекс интеллектуальной системы безопасности железнодорожного переезда. Также в диссертации рассмотрены антенные системы для радаров малой авиации и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для посадочного и полетного радаров, работающих в миллиметровом и сантиметровом диапазонах волн соответственно.

Результаты диссертационной работы, составляющие **научную ценность**, состоят в следующем:

1. Разработан способ построения АР автомобильного радара миллиметрового диапазона, позволяющий реализовать однозначное обнаружение объектов на заданной дальности при высоком уровне разрешающей способности по азимуту в широком секторе углов.

2. Предложена архитектура АР для радара, осуществляющего контроль движения на железнодорожном переезде и функционирующего в режимах формирования набора узких передающих лучей с последующей пространственной селекцией лучами приёмной антенны.

3. Спроектирована антенна радара прямого рассеяния, работающего совместно с моностатической РЛС, как часть интеллектуальной системы безопасности железнодорожного переезда.

4. Рассмотрен метод оценки параметров луча диаграммы направленности через апертурное амплитудно-фазовое распределение с целью ускорения процесса измерений характеристик антенн при серийном производстве радаров.

Предложенные в диссертации методы и решения, а также результаты их математического и электродинамического моделирования опубликованы в научных работах, среди которых статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, и базах цитирования Scopus и Web of Science. Кроме того, результаты диссертации апробированы на всероссийских и международных конференциях.

Практическая значимость результатов диссертации определяется следующим.

1. Разработаны АР для прототипов автомобильного радара миллиметрового диапазона в соответствии с описанными в работе методами и решениями.

2. Разработана антенна радара, входящего в комплекс интеллектуальной системы безопасности железнодорожного переезда.

3. Спроектирована АР полетного и посадочного радаров для малой авиации и беспилотных ЛА.

С точки зрения практического применения представляется важной модель АР для радара контроля движения на железнодорожном переезде, которая позволяет обеспечить в сантиметровом диапазоне волн высокую, по сравнению с известными решениями, разрешающую способность по угловой координате в широком секторе углов при минимальном количестве используемых приемо-передающих модулей.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации обусловлена совпадением теоретических данных, результатов математического моделирования и экспериментальных исследований, а также апробацией основных итогов работы на всероссийских и международных конференциях.

В диссертационной работе получены следующие основные обоснованные технические и технологические решения, обладающие **научной новизной**:

1. Способ построения фазированной антенной решетки миллиметрового диапазона, состоящей из неперекрывающихся подрешеток передающей и приемной частей, в условиях ограничений на геометрические размеры апертуры, позволяющий достичь близких к оптимальным характеристик в отношении обеспечения заданных дальности обнаружения и

углового разрешения.

2. Применение разработанной конструкции передающей и приемной антенных решеток с подавлением излучения и приема в направлении линии базы для просветного радара обеспечивает возможность использования одноименного эффекта для повышения эффективности функционирования радиолокационного комплекса системы безопасности железнодорожного переезда по обнаружению стационарных объектов.

3. Однозначное определение угловых координат целей в двух ортогональных плоскостях при заданной разрешающей способности и ограничении числа каналов АР вертолетного радара ближнего действия обеспечивается за счет секторного сканирования при переключении передающих подрешеток и формирования набора парциальных приемных лучей в пределах выбранного сектора.

Вместе с тем диссертация не лишена недостатков.

1. При выбранной структуре построения антенн автомобильного радара не рассматривается вопрос надежности функционирования системы при нахождении на проезжей части нескольких подобных радаров.

2. Не рассмотрено влияние крышки корпуса радара на электродинамические характеристики формируемого антенной поля.

3. При построении антенной решетки для радара системы железнодорожного переезда не рассмотрены вопросы учета взаимного влияния моностатических радаров на их характеристики обнаружения.

4. Не ясно, каким образом при рассмотрении вопросов построения антенной системы для малой авиации учитывалась ориентация ЛА в пространстве.

5. Не приведены достаточные пояснения касательно выбора материала диэлектрика, его характеристик, а также не обозначено количество используемых слоев в СВЧ платах модулей антенных решеток.

6. Количественная оценка ряда полученных в диссертации результатов проводится с использованием статистических характеристик. Однако не ясно, оценивал ли автор устойчивость предлагаемых процедур к возмущениям, проявляющимся в появлении аномальных измерений, возникновении погрешностей измерений систематического характера, вызванных, например, влиянием среды распространения сигналов.

Указанные замечания не препятствуют вынесению общей высокой оценки качества диссертационной работы.

С учетом новизны предложенных и научно обоснованных решений и подтверждения теоретических исследований практическими данными, диссертация Шабалина С.А. является законченным трудом, написанным автором на достаточно высоком научном уровне.

Полученные в работе результаты внедрены в АО НПП «Салют» и АО «ПКК Миландр» в реализованных проектах по разработке антенных комплексов радаров для систем безопасности переездов и беспилотных автомобилей, что подтверждается соответствующими актами внедрения.

Содержание и результаты диссертации четко соответствуют

поставленным задачам и цели работы. Подробно описаны предлагаемые методы построения антенных систем для радаров интеллектуальных транспортных средств, БПЛА и системы контроля движения на железнодорожном переезде с сопровождением достаточным количеством аналитического и иллюстративного материала, результатами расчетов, моделирования и экспериментальных исследований. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Теоретические и практические результаты диссертации, связанные с разработкой методов построения антенных систем для радаров интеллектуальных транспортных средств, **могут быть использованы** на профильных предприятиях оборонно-промышленного комплекса, организациях радиоэлектронной промышленности и научно-образовательного назначения, выполняющих научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в подобных областях, а также реализующих процесс обучения по соответствующим образовательным программам.

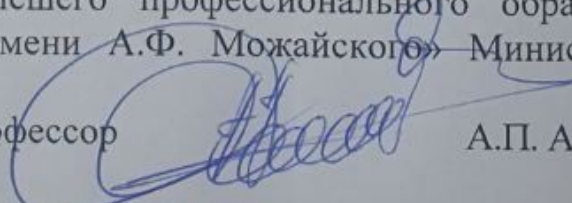
Заключение

Тема диссертации является актуальной и с учетом предлагаемых решений соответствует заявленной специальности. Проведенные расчеты, результаты моделирования и экспериментальные исследования имеют научную и практическую значимость в части проектирования антенн радаров миллиметрового и сантиметрового диапазонов. Диссертация на тему «Разработка и исследование способов построения фазированных антенных решеток миллиметрового диапазона для радиолокационных систем интеллектуальных транспортных средств» представляет собой научное исследование, содержащее обоснованные технические и технологические решения, обладающие научной новизной и имеющие важное значение для развития теории и техники антенн. Полученные новые результаты в отношении решения задач проектирования антенн, моделирования и экспериментальных исследований соответствуют требованиям пункта 9 «Положения по порядку присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842. Автор диссертации Шабалин Семен Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Официальный оппонент,

Профессор кафедры «Передающих, антенно-фидерных устройств и средств СЕВ» Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации

доктор технических наук, профессор

 А.П. Алёшкин

Даю согласие на обработку персональных данных.

Докторская диссертация защищена профессором Алёшкиным А.П. по

специальности 6.2.13 – Военные системы управления, связи и навигации.

Адрес места работы официального оппонента:

197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского.

Телефон: +7(812) 347-97-31

Адрес электронной почты: vka@mil.ru

Личную подпись профессора Алёшкина Андрея Петровича заверяю.

Начальник отдела кадров Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации

«26» сентября 2023 года

Г.В. Плотников

