

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ «РОСТЕХ»
АО «ОПК»
АО «КОНЦЕРН «АВТОМАТИКА»



Акционерное общество
«Самарское инновационное
предприятие радиосистем»
(АО «СИП РС»)

Россия, 443052, г. Самара, ул. Земеца, д.26Б
Телефон: (846) 203-14-50. Факс: (846) 372-08-28
E-mail: info@siprs.ru
ОКПО 20133476, ОГРН 1176313097290
ИНН 6319222834, КПП 631201001

19.09.2023 № 311-23/2584
На № 16-01-06/185 от 10.08.2023

Отзыв ведущей организации

Ученому секретарю
диссертационного совета
24.2.345.01
д.т.н., профессору Ю.Г. Белову

603155, г. Нижний Новгород,
ул. Минина, 24, НГТУ

Уважаемый Юрий Георгиевич!

Высылаю отзыв ведущей организации, АО «СИП РС», на диссертацию Шабалина Семена Андреевича «Разработка и исследование способов построения фазированных антенных решеток миллиметрового диапазона для радиолокационных систем интеллектуальных транспортных средств» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии и сведения о лице, утвердившем отзыв.

Приложения: 1) отзыв на 8 листах в 2 экз.
2) сведения о лице, утвердившем отзыв, на 1 листе в 1 экз.

С уважением.

Генеральный директор,
д.т.н., профессор

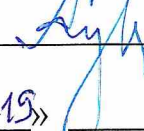
А.Л. Бузов

Исп. Минкин М.А., +7(846)2031963

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор АО
«СИП РС», д.т.н., профессор



 Бузов А.Л.
« 19 » 09 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Акционерного общества «Самарское инновационное предприятие радиосистем» (АО «СИП РС»)

на диссертационную работу Шабалина Семена Андреевича на тему: «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

1. Вводные положения

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент А.В. Мякинков.

На отзыв ведущей организации были представлены:

- диссертация – 1 том, 180 листов;
- автореферат – брошюра, 1 усл. печ. лист.

2. Актуальность темы

Диссертация Шабалина С.А. посвящена исследованию и разработке способов построения антенных решеток миллиметрового и сантиметрового диапазонов для радаров, используемых для обеспечения безопасности на транспорте, в том числе: радаров интеллектуальных наземных транспортных средств, радаров контроля движения на ж/д переездах и радаров для беспилотных летательных аппаратов.

Радиолокационные станции (РЛС) ближнего и среднего действия СВЧ-КВЧ диапазонов являются важной составной частью оборудования современных и перспективных интеллектуальных транспортных средств, включая беспилотные, а также систем обеспечения безопасности различного назначе-

ния. Существенной компонентой подобных станций, во многом определяющей ее тактико-технические характеристики, является антенна (антенная система), к которой предъявляются все более жесткие требования не только по назначению, но также и конструктивные, технологические, массогабаритные, технико-экономические и т.д.

Необходимы научно обоснованные принципиальные, технические и конструктивно-технологические решения, обеспечивающие производство эффективных, недорогих, компактных, надежных и долговечных антенн для указанных РЛС.

Следует отметить, что санкционное давление на экономику России существенно снижает доступность импортной высокотехнологичной продукции, поэтому задачи создания отечественных антенн для СВЧ-КВЧ РЛС должны решаться с учетом требований импортозамещения, на основе имеющихся материалов и технологий.

Таким образом, актуальность темы диссертации С.А. Шабалина представляется достаточно обоснованной.

3. Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы (103 наименования) и приложения.

Во **введении** отмечена актуальность темы диссертации, обозначены цель и задачи работы, приведены актуальность, новизна, практическая значимость и достоверность проведенного исследования, отражены апробация и внедрение работы, а также ее структура.

В **разделе 1** рассматриваются основные типы антенн РЛС интеллектуальных транспортных средств сантиметрового и миллиметрового диапазонов. Описаны структурные особенности антенн, а также их достоинства и недостатки, связанные с их применением в условиях дорожной ситуации. Обосновано широкое использование решений в виде антенных решеток на основе микрополосковых излучателей. Описаны основные особенности антенных систем автомобильных радаров ведущих мировых производителей и аналогичных отечественных разработок.

В **разделе 2** дается описание методики построения структурных элементов антенных решеток на базе отрезков микрополосковой линии передачи. Рассматривается процесс проектирования полосковой антенны, включая расчет размеров элементов, определение способов их возбуждения и форми-

рования структуры столбца решетки. Приведен пример проектирования столбца антенной решетки миллиметрового диапазона с учетом требований к уровню КПД и продемонстрированы результаты его математического моделирования.

Раздел 3 посвящен исследованию известных решений и разработке антенной решетки автомобильного радара с обеспечением экономии активных компонент при сохранении необходимой апертуры и требуемых уровней боковых лепестков. Проведен сравнительный анализ вариантов на основе технологии ММО и на основе формирования в составе общей апертуры передающих и приемных подрешеток. Обоснованы преимущества второго варианта и подходы к определению рационального размещения элементов в пределах апертуры. Произведен расчет и моделирование структурных элементов, приведены результаты моделирования разработанных подрешеток. Приведены результаты разработки прототипа автомобильного радара миллиметрового диапазона, включая структурные схемы модулей, схему размещения компонентов на цифровой плате многолучевого радара, внешний вид исследуемых устройств и результаты экспериментальных исследований, подтвердившие достижение заданных характеристик.

В разделе 4 рассматриваются особенности построения антенной системы, обеспечивающей высокий уровень разрешающей способности по углу при сохранении однозначности измерения координат целей. Рассмотрена модель антенной решетки, в которой передающие элементы расположены на максимальном расстоянии друг от друга, а пространство между ними заполнено элементами приемной антенны. При этом формируется набор узких передающих лучей. Приведены основные параметры модели решетки и результаты математического моделирования, позволившие оценить эффективность использования разнесения передающих и приемных элементов.

Приведены результаты исследования возможности использования просветного радара, совместно с отражательным, на железнодорожном переезде. Представлены результаты расчета зон обнаружения просветного радара. Рассмотрен способ решения задачи обнаружения неподвижных объектов вблизи линии базы.

Описан метод реализации антенных систем для радаров малой и беспилотной авиации, основанный на разбиении пространства на несколько секторов и поочередного облучения каждого из них. Угловое разрешение обеспечивается за счет формирования в заданном секторе набора узких лучей. Опи-

саны разработанные на основе этого метода решения антенных решеток полетного и посадочного радаров вертолета. Показано, что данный метод позволяет полностью удовлетворить поставленным требованиям, что подтверждается результатами математическими моделирования.

Раздел 5 посвящен рассмотрению альтернативного, расчетно-инструментального способа определения диаграммы направленности антенной решетки на основе измерения амплитудно-фазового распределения в каналах приемной решетки и последующего расчета диаграммы направленности с использованием преобразования Фурье. Показано, что предложенный способ обеспечивает приемлемую точность.

4. Научная новизна результатов диссертационного исследования

По результатам изучения диссертации и доступных публикаций автора могут быть выделены следующие результаты исследований, обоснованно претендующие на научную новизну:

- способ построения антенной решетки радиолокационного комплекса на основе формирования в составе общей апертуры передающих и приемных подрешеток, включая подходы к определению их рационального размещения в пределах апертуры, обеспечивающие требуемые энергетические и пространственные характеристики решетки при ограниченном количестве приемных и передающих излучателей;

- структура антенной решетки радиолокационного комплекса, реализующей повышенную разрешающую способность за счет двухэтапного формирования гребенки интерференционных лучей передающей антенны и последующей пространственной селекции лучами приемной решетки;

- расчетно-экспериментальный метод определения пространственных характеристик антенной решетки, основанный на вычислении преобразования Фурье от измеренного амплитудно-фазового распределения поля по апертуре при приеме сигнала с одного направления;

- новые результаты исследований антенных решеток для радиолокационных систем интеллектуальных транспортных средств.

5. Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора

Разработанные в диссертации принципиальные и структурные решения антенных решеток, а также расчетно-экспериментальный метод определения

пространственных характеристик антенной решетки вносят вклад в развитие методологических основ проектирования и испытаний антенн и антенных систем.

Полученные результаты исследований характеристик антенных решеток расширяют знания об антенных системах миллиметрового и сантиметрового диапазонов.

Диссертационная работа содержит **значимые научные результаты по заявленной специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии** и, в частности, по п.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») и 6 («Разработка и исследование новых технологий производства, настройки и эксплуатации антенных систем») паспорта специальности.

Обоснованность и достоверность результатов работы обеспечиваются адекватностью использованных методов, расчетных моделей и программных средств. Достоверность результатов работы подтверждается их соответствием уже известным в исследуемой области данным, а также результатами экспериментов.

6. Практическая значимость результатов диссертационных исследований автора

Практическая значимость определяется возможностями непосредственного использования предложенных подходов, структурных и технических решений, а также полученных результатов исследований при разработке перспективных антенных решеток СВЧ-КВЧ диапазонов различной принадлежности и назначения, уже частично реализованными при участии автора.

Практическая значимость результатов подтверждается их успешным внедрением в организациях России.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Основные положения и выводы диссертационной работы, в силу отмеченной выше научной и практической значимости отдельных результатов, могут найти применение:

- на предприятиях, организациях и учреждениях различных организационно-правовых форм, занимающихся разработкой РЛС для интеллектуальных транспортных средств и систем безопасности на транспорте, в том числе в рамках продолжения сотрудничества с АО «ПКК Миландр» и АО «НПП «Салют»;

- на научно-производственных предприятиях госкорпорации «Ростех», специализирующихся в области разработки РЛС миллиметрового и сантиметрового диапазонов длин волн, при выборе и разработке технических решений антенно-фидерных систем для РЛС мобильного (сухопутного, морского и воздушного) базирования, в том числе при создании автоматизированных и роботизированных боевых комплексов;

Возможно использование результатов диссертационной работы в ряде других направлений, например при создании перспективных радиорелейных станций и других средств связи миллиметрового диапазона, носимых радиолокационных средств пространственной ориентации для слабовидящих и слепых людей и т.д.

Рекомендуется продолжение работ в данном направлении, в том числе на основе интеграции излучающих компонент в микроволновые интегральные схемы.

8. Замечания

1) Акценты в квалификационных формулировках не всегда удачны. Например, в 3-м пункте научной новизны (с.11) следовало претендовать не на «способ обнаружения стационарных целей», а на способ построения антенны, обеспечивающей ... за счет ...

2) Обзор степени разработанности темы исследования во Введении, а также Раздел 1 посвящены, в основном, анализу технических решений серийно выпускаемых РЛС. Антенным решениям уделено недостаточное внимание, а трудам ученых – предшественников автора – еще меньше.

3) Недостаточно подробно описаны существенные технические подробности. В частности, не приведены геометрические параметры антенн для радаров систем контроля ж/д переезда и малой авиации (раздел 4). Не поясняется выбор рабочих диапазонов для радара прямого рассеяния (п.4.2). Не уточняется класс или характеристики объекта, который обнаруживается на дальностях 1-2 км полетным радаром (п.4.3). Не везде описана или хотя бы упомянута элементная база.

4) Имеются отдельные претензии к оформлению работы. В частности, нумерация страниц не включает титульный лист, вследствие чего последняя страница имеет номер 179 (должно быть 180). Номер страницы расположен на нижнем поле, а не на верхнем, как рекомендует ГОСТ Р 7.011 (п.5.3.8). Не упомянуты пункты паспорта специальности 2.2.14, определяющие направления исследований. В Заключении отсутствует структурный элемент «Перспективы дальнейшей разработки темы» (ГОСТ Р 7.011, п.5.3.3).

Несмотря на отмеченные недостатки, общая оценка работы положительная.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Шабалина Семена Андреевича «Разработка и исследование способов построения фазированных антенных решеток миллиметрового диапазона для радиолокационных систем интеллектуальных транспортных средств» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, а именно – задачи исследования и разработки способов построения антенных решеток миллиметрового и сантиметрового диапазонов для радаров, используемых для обеспечения безопасности на транспорте.

Результаты исследований апробированы на российских и международных научных конференциях.

Основные результаты диссертационной работы в достаточной степени отражены в опубликованных автором научных трудах, в том числе – в рецензируемых научных изданиях, входящих в соответствующий Перечень. Уровень и объем публикаций соответствует требованиям п. 11 и п. 13 Положения.

Уровень внедрения результатов диссертационной работы представляется вполне достаточным.

По результатам рассмотрения диссертации не обнаружены какие-либо факты использования заимствованных материалов без ссылки на источники, т.е. диссертация соответствует требованиям п. 14 Положения.

Автореферат диссертации, в целом, достаточно полно отражает ее содержание и соответствует требованиям п. 25 Положения.

Работа соответствует заявленной специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Шабалин Семен Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

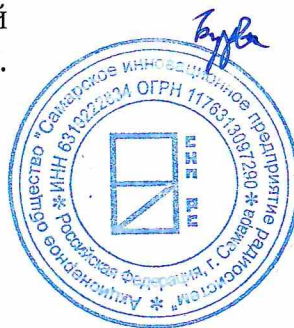
Отзыв составлен на основании обсуждения и положительного заключения на заседании научного отдела 3 и утвержден на заседании Научно-технического совета (НТС) 18 сентября 2023г., протокол № 5.

Лица, подписавшие заключение, согласны с включением своих персональных данных в аттестационное дело соискателя Шабалина С.А. и их дальнейшей обработкой.

Главный научный сотрудник,
д.т.н. (05.12.07), профессор

Минкин Марк
Абрамович

Ученый секретарь НТС, главный
научный сотрудник, д.т.н.
(05.12.07), доцент



Бузова Мария
Александровна

Акционерное общество «Самарское инновационное предприятие радиосистем» (АО «СИП РС»)
443052, г. Самара, ул. Земеца, д. 26Б
Тел.: +7(846) 203-14-50. Эл. почта: info@siprs.ru

СВЕДЕНИЯ О ЛИЦЕ, УТВЕРДИВШЕМ ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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

Фамилия Имя Отчество	Бузов Александр Львович
Гражданство	Российская Федерация
Ученая степень (с указанием шифра специальности, по которой защищена диссертация)	Доктор технических наук (05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии)
Ученое звание	Профессор
Основное место работы	
Полное наименование организации	Акционерное общество «Самарское инновационное предприятие радиосистем»
Ведомственная принадлежность	Государственная корпорация «РОСТЕХ»
Почтовый адрес, телефон	443052, г. Самара, ул. Земеца, 26Б, +7(846) 203-14-50
Наименование подразделения, должность	Генеральный директор

Достоверность вышеприведенной информации подтверждаю

Генеральный директор АО «Сип РС»

А.Л. Бузов

