

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.03

**Соискатель:** Сучков Александр Владимирович

**Тема диссертации:** «Частотно-сканирующие моноимпульсные антенные решетки трехкоординатных РЛС»

**Специальность:** 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты:**

на заседании 30 октября 2018 года, протокол № 19, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным положением «О присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Сучкову Александру Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:**

Воскресенский Д.И. – председатель диссертационного совета;

Сычев М.И. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Куприянов А.И., Гаврилов К.Ю., Гостюхин В.Л., Гринев А.Ю., Ильчук А.Р.,  
Кузнецов Ю.В., Поваляев А.А., Татарников Д.В., Татарский Б.Г.,  
Темченко В.С., Ушкар М.Н., Чебышев В.В., Шевцов В.А., Юдин В.Н.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
Д 212.125.03, д.т.н., с.н.с.

М.И. Сычев



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.03 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 30.10.2018 № 19

О присуждении Сучкову Александру Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Частотно-сканирующие моноимпульсные антенные решетки трехкоординатных РЛС» по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» (технические науки) принята к защите «28» августа 2018 года, протокол № 9, диссертационным советом Д 212.125.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Сучков Александр Владимирович 1981 года рождения, в 2004 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский авиационный институт (государственный технический университет) «МАИ» по специальности «Радиотехника». В период подготовки диссертации соискатель работал в Акционерном обществе «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод» (АО «НПО «ЛЭМЗ») в должности ведущего инженера и был прикреплен к кафедре 406 «Радиофизика, антенны и микроволновая техника» Федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) по договору о прикреплении лиц для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 406 «Радиофизика, антенны и микроволновая техника».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Гринев Александр Юрьевич**, профессор кафедры «Радиофизика, антенны и микроволновая техника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Нечаев Евгений Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управления воздушным движением» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА);

2. **Милосердов Максим Сергеевич**, кандидат технических наук, научный сотрудник Акционерного общества «Научно-исследовательский институт точных приборов» (АО «НИИ ТП»);

дали положительные отзывы.

Ведущая организация – **Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Салют» (АО «НПП «Салют»)**, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном ведущим научным сотрудником, к.т.н. Соколовым С.А., старшим научным сотрудником, к.т.н. Немоляевым А.И., начальником КБ АО «НПП «Салют» Исаковым М.В. и

утвержденным Генеральным директором – генеральным конструктором АО «НПП «Салют» Смоляковым А.А. указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение важной задачи проектирования моноимпульсных волноводных антенных решеток антенной системы на основе низкопрофильных последовательной и последовательно-параллельной диаграммообразующих схем для повышения точности пеленгации трехкоординатных РЛС в плоскости частотного сканирования, эффективности функционирования в условиях пассивных помех, а также расширения рабочей полосы частот и сектора сканирования.

По диссертации Сучкова А.В. сделаны следующие замечания:

1. В диссертационной работе недостаточно четко разделены научные проблемы, имеющие общетеоретический характер, и частные вопросы проектирования моноимпульсных антенных решеток с частотным сканированием для конкретных условий. Поэтому не всегда понятно, до каких пределов могут быть обобщены полученные результаты.

2. Недостаточно полно рассмотрены вопросы влияния электродинамического взаимодействия излучателей на характеристики разработанных антенн, такие как диаграммы направленности, согласование, развязка между каналами.

3. Недостаточно обоснован выбор в качестве линейных излучателей в антенных решетках волноводно-щелевых линеек с переменными наклонными щелями на узкой стенке волновода. Известно, что такие излучающие системы формируют в диаграмме направленности так называемые «кроссполяризованные» лепестки в плоскости сканирования, уровни которых существенно выше боковых лепестков, обусловленных разбросом амплитудно-фазовых распределений. Это снижает КПД антенны и создает дополнительные каналы помех, в том числе и для сторонних РЛС.

Известно также, что поперечные щели на боковой стенке волновода, возбуждаемые петлеобразными проводниками, размещаемыми внутри

волновода, снижают уровень «кроссполяризационных» лепестков до минус 40 дБ.

4. Направленный ответвитель (НО) с щелями связи в общей широкой стенке двух волноводов требует высокой точности расчетов и использования высокоточного оборудования при изготовлении. Не очень понятен метод оптимизации таких НО.

Известны другие типы НО с коаксиальным выходом, который, кроме того, позволит в целях подавления эффекта «нормали» применять противофазные ЛВЩ.

5. Не приведены результаты, учитывающие влияние механических и климатических особенностей эксплуатации, также отсутствует описание методик экспериментальной проверки характеристик разработанных антенн.

Сделаны выводы о том, что диссертация «Частотно-сканирующие моноимпульсные антенные решетки трехкоординатных РЛС» по своей актуальности, теоретическому уровню, новизне и практической ценности полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сучков Александр Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии (технические науки). Отзыв обсуждён и одобрен на заседании секции НТС АО «НПП «Салют». Протокол № 3 от «04» октября 2018 г.

Соискатель имеет 20 опубликованных научных работ по теме диссертации, в том числе 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 2 патента и 10 публикаций в журналах и сборниках трудов конференций.

Наиболее значимые публикации соискателя.

1) в журналах из перечня ВАК:

1. Сучков А.В. Моноимпульсная волноводно-щелевая антенная решетка с частотным сканированием // Труды МАИ. 2016. №86. [http://mai.ru/upload/iblock/0cf/suchkov\\_rus.pdf](http://mai.ru/upload/iblock/0cf/suchkov_rus.pdf)

2. Ефремов В.С., Винников В.И., Сучков А.В. Частотно-сканирующая моноимпульсная антенная решетка трассовой РЛС. Часть 1. Схема построения, оценка параметров и моделирование // Антенны. 2016. №10. С. 34-43.

3. Сучков А.В. Диаграммообразующая схема моноимпульсной частотно-сканирующей антенной решетки // Вестник концерна ПВО «Алмаз-Антей». 2016. №1. С. 76-88.

4. Ефремов В.С., Винников В.И., Сучков А.В. Частотно-сканирующая моноимпульсная антенная решетка трассовой РЛС. Часть 2. Конструктивно-технологическое исполнение, экспериментальные характеристики // Антенны. 2016. №12. С. 3-11.

5. Сучков А.В. Частотно-сканирующие антенные решетки трехкоординатных РЛС // Успехи современной радиоэлектроники. 2017. №1. С. 63-73.

6. Сучков А.В. Имитационное моделирование эффекта нормали в антенных решетках с частотным сканированием // Труды МАИ. 2017. №92. [http://www.mai.ru/upload/iblock/504/suchkov\\_rus.pdf](http://www.mai.ru/upload/iblock/504/suchkov_rus.pdf).

7. Сучков А.В. Волноводная система питания моноимпульсной антенны с частотным сканированием // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2017. №1. С. 17-23.

8. Сучков А.В. Моноимпульсная антенная решетка с частотным сканированием для аэродромной РЛС X-диапазона // Журнал радиоэлектроники. 2017. №5. <http://jre.cplire.ru>.

2) патенты:

1. Патент на изобретение № 2623418 С1 (RU), МПК Н01Q 25/02 (2006.01). Моноимпульсная волноводная антенная решетка с частотным сканированием / В.И. Винников, В.С. Ефремов, А.В. Сучков; заявитель и патентообладатель: АО «НПО «ЛЭМЗ». № 2016131320; заявл. 28.07.2016; опубл. 26.06.2017. Бюл. № 18.

2. Патент на полезную модель № 176 974 U1 (RU), МПК H01Q 21/00 (2006.01). Антенная решетка с широкоугольным частотным сканированием / В.И. Винников, В.С. Ефремов, А.В. Сучков; заявитель и патентообладатель: Министерство обороны Российской Федерации. № 2017123149; заявл. 29.06.2017; опубл. 05.02.2018. Бюл. № 4.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**Нечаев Евгений Евгеньевич** (официальный оппонент).

Отзыв заверен проректором МГТУ ГА по научной работе и инновациям Воробьевым В.В.

Замечания по диссертационной работе:

1. Предложенная автором методика приближенного расчета основных параметров антенных решеток с частотным сканированием (раздел 2.2.2), позволяет произвести лишь инженерную оценку таких характеристик как диаграмма направленности и коэффициент усиления без учета влияния взаимных связей между излучателями. Важная характеристика антенн – кроссполяризационная составляющая ДН осталась без внимания.

2. В диссертации исследованы особенности обеспечения требуемых характеристик ДН при широкоугольном частотном сканировании через нормаль к апертуре. Однако автором не даны пояснения по характеру изменения КНД и ширины ДН при сканировании (рис. 6, рис. 12 автореферата, рис. 3.28, рис. 3.35 диссертации).

3. В работе не уделено внимание выбору амплитудного распределения, формируемого ДОС. Характеристики антенных решеток с частотным сканированием, представленные в работе, исследованы только для двух частных случаев – распределения Тейлора и распределения типа «косинус квадрат на пьедестале».

4. В четвертой главе рассмотрено дестабилизирующее влияние температуры окружающей среды на угловое положение диаграмм направленности разработанных антенн. Однако в работе отсутствует оценка

температурного влияния на такие характеристики как уровень боковых лепестков суммарной ДН, глубина нуля разностной ДН, коэффициент усиления.

При этом подчеркнуто, что «указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости результатов, полученных автором в диссертационной работе».

**Милосердов Максим Сергеевич** (официальный оппонент).

Отзыв заверен заместителем начальника НТК-11 АО «НИИ ТП» Игнатьевым С.И.

Замечания по диссертационной работе:

1. В качестве цели работы автор ставит только разработку антенных решеток с заданными характеристиками, что является исключительно практической задачей, хотя в работе, в том числе, решаются исследовательские задачи, представляющие как научную, так и практическую ценность.

2. В работе проведен аналитический обзор частотно-сканирующих антенных решеток и конструктивно-технологических решений при их реализации, однако в обзоре рассматриваются в основном отечественные аналоги, которые улучшает автор в своей работе, и уделяется мало внимания зарубежному опыту создания частотно-сканирующих антенных решеток.

3. В главе 2 диссертации рассмотрена возможность реализации моноимпульсной антенной решетки с частотным сканированием на основе волноводной диаграммообразующей схемы с независимым формированием амплитудно-фазового распределения суммарного и разностного каналов. Однако результаты полноволнового моделирования и экспериментальных исследований данной схемы в работе отсутствуют.

4. Не приведены сведения о кроссполяризационных составляющих диаграмм направленности, полученных в разделе 3.4.2 при численном моделировании излучающего полотна антенной решетки X-диапазона.



5. В разделе 2.2.5 автор минимизирует амплитудные ошибки формируемого амплитудно-фазового распределения для того чтобы получить выигрыш в УБЛ в 1-2 дБ при расчетном уровне минус 33 дБ. Однако автор не имеет возможности достоверно подтвердить эти результаты на практике, в силу того, что погрешность применяемого измерительного оборудования составляет  $\pm 3$  дБ для УБЛ, измеряемого в диапазоне  $-30 \dots -40$  дБ.

При этом подчеркнуто, что «приведенные недостатки не снижают научной ценности и практической значимости полученных в диссертационной работе результатов».

На автореферат и диссертацию также поступило 12 отзывов из организаций:

1. Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт радиотехники» (**АО «ВНИИРТ»**) – отзыв подписан начальником сектора антенного отдела, к.т.н., с.н.с. Инденбомом М.В. и заверен заместителем генерального директора, д.т.н. Порсевым В.И.

2. Акционерное общество «Концерн радиостроения «Вега» (**АО «Концерн «Вега»**) – отзыв подписан главным научным сотрудником, д.т.н., профессором Курочкиным А.П., старшим научным сотрудником, к.т.н. Волковым А.П. и заверен ученым секретарем Сидоровой Н.С.

3. Акционерное общество «Научно-исследовательский институт приборостроения имени В.В. Тихомирова» (**АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»**) – отзыв подписан старшим научным сотрудником, к.т.н. Епишкиной В.Н. и заверен заместителем генерального директора по научной работе Синани А.И.

4. Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Исток» имени А.И. Шокина» (**АО «НПП «Исток» им. Шокина»**) – отзыв подписан заместителем генерального директора – директором по научной работе, к.т.н. Щербаковым С.В.

5. Акционерное общество «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца» (**АО РТИ**) – отзыв подписан начальником

комплексного отдела – заместителем генерального конструктора, д.т.н., профессором Тимошенко А.В. и заверен ученым секретарем, д.т.н. Буханцом Д.И.

6. Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А.И. Берга» (**АО «ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга»**) – отзыв подписан начальником сектора, к.т.н. Пороховым И.О. и утверждён генеральным директором, председателем Ученого совета, д.т.н., профессором Андреевым Г.И.

7. Публичное акционерное общество «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина» (**ПАО «НПО «Алмаз»**) – отзыв подписан начальником НИО, д.т.н., профессором Кашиным В.А. и заверен заместителем генерального конструктора по радиолокации, к.т.н. Ефремовым В.С.

8. Публичное акционерное общество «Радиофизика» (**ПАО «Радиофизика»**) – отзыв подписан ведущим научным сотрудником, д.ф.-м.н. Скобелевым С.П. и заверен ученым секретарем, к.т.н. Смольниковой О.Н.

9. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет» (**СевГУ**) – отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры «Электронная техника» Широковым И.Б. и заверен ученым секретарем Ученого Совета Университета Сулеймановой З.Р.

10. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (**МЭИ**) – отзыв подписан профессором кафедры «Радиотехнических приборов и антенных систем», д.т.н. Гусевским В.И. и заверен заместителем начальника управления по работе с персоналом Полевой Л.И.

11. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (**ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН**) – отзыв подписан

старшим научным сотрудником, к.т.н. Калиничевым В.И. и заверен старшим инспектором канцелярии Петрищевой М.Г.

12. Федеральное государственное унитарное предприятие «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи» (ФГУП «РНИИРС») – отзыв подписан ведущим научным сотрудником, д.т.н., профессором Мищенко С.Е., начальником сектора Литвиновым А.В., начальником управления, д.т.н., профессором Хуторцевым В.В. и утверждён директором, к.т.н. Косогором А.А.

Основные замечания по содержанию работы:

1. Из содержания автореферата не ясно какое отношение имеют схемы, представленные на рис. 2, к независимому формированию амплитудно-фазового распределения суммарного и разностного каналов, как это указано в тексте автореферата?

2. Не понятно, чем отличается схема, представленная на рис. 7б от двухлучевой матрицы Нолена, и какие соображения приведены в главе 4 по ее конструктивно-технологическому исполнению в части реализации пересечения волноводных линий передачи?

3. Не ясно в чем заключается и насколько новой является, включенная в перечень положений, вынесенных на защиту, «методика проектирования, включающая алгоритм и программу расчета волноводной суммарно-разностной ДОС последовательного типа, построенной на основе направленных ответвителей, позволяющая выявить и минимизировать ошибки формируемого АФР, обусловленные особенностями построения, и обеспечивающая возможность практической реализации моноимпульсной АРЧС с заданными характеристиками ДН».

4. Не исследовано влияние взаимной связи излучающих элементов на характеристики рассматриваемых антенных решеток.

5. В автореферате перечислены технические решения по модификации диаграммообразующей схемы, направленные на улучшение радиотехнических и массогабаритных характеристик разработанных

антенных решеток. Однако не приведены конкретные значения параметров схемы, при которых получен выигрыш.

6. Не указано, чем обусловлено различие теоретических и экспериментальных диаграмм направленности – погрешностью предложенного способа расчета или неучтенными факторами, связанными с проведением измерений.

7. Из автореферата не понятно, исследовались ли возможные изменения характеристик предлагаемых антенн (в первую очередь, диаграмм направленности и характеристик согласования), которые могут возникнуть в процессе работы под влиянием внешних воздействующих факторов.

8. При достаточно подробном исследовании влияния ошибок амплитудно-фазового распределения на характеристики диаграмм направленности не отражено, проводились ли исследования влияния ошибок на кроссполаризационную составляющую.

9. Интересный эффект «ослепления», выявленный автором, и частотные характеристики согласования, полученные после его устранения, показаны только на расчетных графиках, экспериментальные результаты в автореферате не приведены.

10. Из автореферата не следует, проводилась ли оценка влияния температурных изменений параметров материала диаграммообразующей схемы, характерных для реальных условий эксплуатации, на характеристики разработанных антенн.

11. В автореферате отсутствуют пояснения к выбору амплитудного распределения в плоскости частотного сканирования для антенной решетки X-диапазона.

12. Отсутствуют сведения о механических и климатических испытаниях разработанных антенных систем.

13. Из автореферата не ясно, учитывается ли влияние технологических погрешностей изготовления диаграммообразующей схемы и линейных

решеток излучателей на характеристики разработанной модели полотна антенной решетки.

14. Из автореферата также неясно, использовалась ли для моделирования характеристик антенной решетки и ее составных частей САПР, и какая именно.

15. Из описания результатов четвертой главы не понятно, насколько точно результаты экспериментальных измерений подтверждают результаты моделирования разработанных антенн.

16. Не указаны различия использованных для моделирования методов, что не позволяет оценить степень их независимости.

17. Не указан тип и параметры материала, примененного в качестве защитной радиопрозрачной панели антенной решетки X-диапазона.

18. В автореферате отсутствуют сведения о типе реализованных амплитудных распределений, обеспечивающих уровень боковых лепестков диаграммы направленности суммарного канала не хуже  $-30$  дБ.

19. Выражение «повышенная глубина нуля» представляется двусмысленным, так как уровень «нуля» (провала) в моноимпульсных антеннах стараются наоборот понизить.

20. В обзор литературы по проблеме, связанной с проектированием ФАР с частотным сканированием, не включены следующие работы: A.R. Lopez, «Monopulse Networks for Series Feeding an Array Antenna», IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1968, vol. AP-16, no. 4, p. 436 и K. Solbach «Below-Resonant-Length Slot Radiators for Traveling-Wave-Array Antennas», IEEE Antennas and Propagation Magazine, 1996, vol. 38, no. 1, p. 7.

21. Из автореферата не ясно, какой процент подводимой мощности рассеивается в конечных нагрузках линейных подрешеток с последовательным питанием, и поэтому не понятно какой КИП достигнут в результате проектирования.

22. В работе, по-видимому, не оценены краевые эффекты в ДН решетки в азимутальной плоскости, так как при численном моделировании

используются периодические граничные условия, соответствующие бесконечным решеткам.

23. В автореферате не сказано об анализе уровней кросполяризованного излучения первичных излучателей, а также их линейных решеток – строк и столбцов антенн S- и X-диапазона, соответственно, при различных амплитудно-фазовых распределениях.

24. При описании диаграммообразующей схемы разработанных антенных решеток не сказано о ее характеристиках, таких как вносимые потери, развязка между каналами на входах и на выходах к излучателям, внеполосные ослабления, габаритные размеры, ничего не сказано о топологии диаграммообразующей схемы.

25. На некоторых рисунках обозначения нечитаемые, что не позволяет адекватно проанализировать представленные на них результаты (рис. 7, 9, 10).

26. К числу недостатков автореферата следует отнести краткое упоминание о широкополосности антенной системы, каким образом реализовано постоянство крутизны пеленгационной характеристики в заданной полосе частот и каковы допустимые ошибки при определении истинного углового положения цели.

27. Нет описания формы и размеров излучающих щелей в волноводах решетки и не указана поляризация поля излучения.

28. Не содержится сведений о диаграмме излучения антенной решетки в плоскости, перпендикулярной плоскости частотного сканирования.

29. Из краткого описания в автореферате не вполне понятно, какие именно характеристики решетки рассчитывались путем строгого электродинамического моделирования.

30. В автореферате имеются разночтения в достигнутой глубине нуля ДН разностного канала (на стр. 7 автор говорит о достижении уровня нуля разностного канала -33,7 и -32,1 дБ в АРЧС S- и X-диапазона соответственно; на стр. 13 говорит о глубине нуля не более -33 дБ; на стр. 18 и 19 в табл. 2

содержатся значения нулей -32,9 и -31,7 дБ для рассматриваемых АР, а в выводах на стр. 20 указывает глубину нуля не хуже -33 и -32 дБ.

31. На стр. 7 и 8 автор говорит об улучшении характеристик РЛС и входящей в ее состав антенны в сравнении с какой-то антенной и РЛС; объявляется улучшение точности пеленгации в три раза, снижение уровней боковых лепестков на 7,6 и 8,9 дБ, нуля в разностном канале на 11,9 и 10,5 дБ и других параметров; однако не ясно, с чем сравнивает автор свои результаты.

32. Основные положения, выносимые автором на защиту, сформулированы не в форме утверждений, характеризующих эффективность применения научных результатов, а фактически отражают практическую значимость работы.

33. Сопоставление на рис. 7 изображений матрицы Бласса и предлагаемого варианта ДОС с двумя каналами (суммарным и разностным) показывает их принципиальное подобие; по видимому, новизна кроется в выборе коэффициентов связи направленных ответвителей и периодов линий задержки; однако в автореферате автор не раскрывает особенностей своей методики расчета такой ДОС; кроме того, не ясно, почему в ДОС на рис. 7, б число антенных элементов в АР суммарного и разностного канала отличается на один канал, а строки матрицы ДОС с частотным сканированием не заканчиваются согласованными нагрузками.

34. На стр. 5 и 6 автор утверждает, что сформулированы принципы реализации, построения и оптимизации ДОС АРЧС и их элементов. Однако в тексте автореферата не выявлена суть ни одного из указанных принципов; в автореферате также не отмечено, по какому критерию ведется оптимизация элементов ДОС; кроме того, автор на стр. 5 и 14 говорит о предложенных способах, но в перечне публикаций отсутствуют патенты на способы.

35. На стр. 5 и 6 автор говорит о создании АРЧС с широкоугольным сканированием, но в табл. 2 на стр. 18 присутствуют данные о секторе сканирования приблизительно от -20 до 24 градусов; в этой связи возникает

вопрос о том, что автор понимает под широкоугольным сканированием и какой сектор сканирования достижим при помощи АРЧС.

Все отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат, положительные и содержат заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций и значительного опыта в соответствующей сфере исследования, компетентностью в области науки по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– **Разработана** частотно-сканирующая моноимпульсная антенная система S-диапазона с высоким коэффициентом усиления, пониженным уровнем боковых лепестков суммарного канала, улучшенными глубиной нуля и равенством амплитуд в максимумах разностного канала в рабочем секторе сканирования, построенная на основе модифицированной низкопрофильной волноводной диаграммообразующей схемы последовательного типа.

– **Разработана** частотно-сканирующая моноимпульсная антенная система X-диапазона с высоким коэффициентом усиления, пониженным уровнем боковых лепестков суммарного канала, улучшенными глубиной нуля и равенством амплитуд в максимумах разностного канала в рабочем секторе сканирования, построенная на основе модифицированной волноводной диаграммообразующей схемы последовательно-параллельного типа.

– **Разработаны** технические решения в части применения волноводных Т-щелевых направленных ответвителей в качестве типового элемента многоканальных распределительных систем. Предложен



оригинальный вариант реализации низкопрофильного широкополосного волноводного мостового устройства с регулируемым коэффициентом деления мощности на основе двух 3-децибельных Т-щелевых ответвителей, между которыми включен волноводный фазовращатель, выполненный в виде двух полых прямоугольных волноводов с различными сечениями каналов.

– **Проведено** численное моделирование составных элементов разработанных антенных систем S- и X-диапазона, а также линейных волноводных решеток излучателей, диаграммообразующей схемы и антенного полотна с учетом взаимных связей, подтвержденное результатами экспериментальных исследований формируемого амплитудно-фазового распределения, характеристик направленности и согласования соответствующих опытных образцов.

**Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:**

– **Предложен** способ минимизации ошибок амплитудно-фазового распределения, формируемого модифицированной суммарно-разностной диаграммообразующей схемой последовательного типа, который позволяет существенно улучшить характеристики направленности моноимпульсной антенной решетки с частотным сканированием, а также способ подавления эффектов «нормали» и «ослепления» антенной решетки в условиях широкоугольного частотного сканирования через нормаль к апертуре.

– **Предложены** научно обоснованные технические решения, позволяющие осуществлять широкоугольное сканирование через нормаль к апертуре и повысить точность пеленгации в плоскости частотного сканирования, что достигается за счет применения суммарно-разностной диаграммообразующей схемы последовательного типа, волноводных фазовращателей, мостового устройства с регулируемым коэффициентом деления, Т-щелевых направленных ответвителей, коррекции длин периодов линии задержки.

– **Разработана** методика проектирования, включающая алгоритм и программу численного моделирования волноводной суммарно-разностной диаграммообразующей схемы последовательного типа, построенной на

основе направленных ответвителей, позволяющая выявить и минимизировать ошибки формируемого амплитудно-фазового распределения, обусловленные особенностями построения, и обеспечивающая возможность улучшения радиотехнических и массогабаритных характеристик моноимпульсных антенных решеток с частотным сканированием.

**Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:**

Результаты диссертации **внедрены** в опытно-конструкторские работы «Наблюдатель» и «Модернизация РСР-27С, РСР-28М», проведенные «АО «НПО ЛЭМЗ» (г. Москва) в период с 2013 г. по 2017 г. с целью создания перспективных трехкоординатных обзорных РЛС аэродромных и трассовых комплексов, что подтверждается актом о внедрении №100/03-630 от 19.05.2017, прилагаемым к диссертации.

**Достоверность результатов исследований подтверждается:**

– **применением** апробированного математического аппарата и методов общей теории антенн и устройств СВЧ;

– **строгой постановкой** граничных задач при численном электродинамическом моделировании и согласованностью результатов, полученных разными методами;

– **использованием** известных и хорошо зарекомендовавших себя пакетов программ численного электродинамического моделирования;

– **совпадением** результатов моделирования с результатами экспериментальных исследований изготовленных опытных образцов антенных систем.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

– **разработке** технических решений, заложенных при построении моноимпульсных волноводных антенных решеток с частотным сканированием, и методики проектирования, которые обеспечили возможность практической реализации указанных антенн с улучшенными радиотехническими и массогабаритными характеристиками;

– **проведении** полномасштабного численного моделирования разработанных антенных решеток на основе последовательной и последовательно-параллельной диаграммообразующих схем дециметрового и сантиметрового диапазонов;

– **проведении** экспериментальных исследований разработанных опытных образцов моноимпульсных антенных решеток, которые позволили подтвердить полученные теоретические результаты, что явилось основой для серийного освоения указанных антенн;

– **подготовке** основных публикаций по работе и личном участии в ряде конференций по тематике исследований.

На заседании 30 октября 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Сучкову А.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии», участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» 16, «против» 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель  
диссертационного совета Д 212.125.03  
д.т.н., профессор



Д.И. Воскресенский

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.03  
д.т.н., с.н.с.



М.И. Сычев

30.10.2018 г.

