



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«САЛЮТ»  
(АО «НПП «Салют»)



Улица Плеханова, д.6, Москва, РОССИЯ, 111123  
Тел.: +7 (495) 672-4859 Факс: +7(495) 306-82-86

ИНН 7720673002  
КПП 772001001

ОКПО 11507819  
ОГРН 1097746763102

www.smp-salyut.ru  
info@smp-salyut.ru

09.10.2018 № 99-2780

На №\_010/808 от\_30.08.2018\_

Об отзыве ведущей  
организации на диссертацию

Проректору по научной работе

ФГБОУ ВО «Московский авиационный  
институт (национальный исследовательский  
университет)

д.т.н., профессору Ю.А. Равиковичу

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,

Волоколамское шоссе, д. 4

Уважаемый Юрий Александрович!

На Ваш исх. № 010/808 от 30.08.2018 г. высылаем отзыв ведущей организации «АО «НПП «Салют» на диссертацию Сучкова А.В. «Частотно-сканирующие моноимпульсные антенные решетки трехкоординатных РЛС», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Приложение: отзыв в 2 экз. на 7 л. каждый.

С уважением,

Генеральный директор –

генеральный конструктор, д.т.н.

А.А. Смоляков

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. № 2  
"10 10 2018"

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор –  
генеральный конструктор  
АО «НПП «Салют», д.т.н.



А.А. Смоляков

2018 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации «АО «НПП «Салют»  
на диссертационную работу Сучкова Александра Владимировича  
«Частотно-сканирующие моноимпульсные антенные решетки  
трехкоординатных РЛС», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

### 1. Актуальность диссертационной работы

Повышение точности измерения угловых координат воздушных объектов в трехкоординатных обзорных РЛС, реализованных на основе метода частотного сканирования, является актуальной задачей. Для ее решения необходимо создание антенных решеток, формирующих в плоскости частотного сканирования суммарную и разностную диаграммы направленности (ДН), что обеспечивает возможность моноимпульсной пеленгации на фиксированной частоте зондирующего сигнала. Именно в рамках решения этой проблемы в диссертационной работе Сучкова А.В. поставлена и успешно решена задача создания моноимпульсных волноводных антенных решеток с широкоугольным частотным сканированием для трассовой РЛС S-диапазона и посадочного радиолокатора X-диапазона. Тема работы представляется **актуальной**, так как, несмотря на большое количество проведенных исследований по антенным решеткам с частотным сканированием (АРЧС), остается ряд вопросов, связанных с возможностью улучшения характеристик указанных антенн при их практической реализации в моноимпульсном исполнении.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

10 10 2018



## **2. Структура диссертационной работы**

Диссертационная работа изложена на 152 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и двух приложений.

**Во введении** автор обосновывает актуальность темы, формирует цели работы и дает ее общую характеристику.

**В первой главе** автор проводит обзор литературы по основным типам применяемых в настоящее время частотно-сканирующих антенн, начиная от простейших до моноимпульсных, и обосновывает выбор технических решений в части принципа построения диаграммообразующей схемы (ДОС) и излучающего полотна, позволяющих обеспечить требуемые радиотехнические и эксплуатационные характеристики АРЧС.

**Вторая глава** посвящена исследованию особенностей разработанных схем построения моноимпульсной волноводно-щелевой АРЧС S-диапазона на основе ДОС последовательного типа и моноимпульсной волноводной АРЧС X-диапазона с последовательно-параллельной ДОС. Автором предложены технические решения по модификации ДОС, которые позволяют реализовать низкопрофильную конструкцию моноимпульсной АРЧС на базе технологии фрезерования ее составных частей на оборудовании с числовым программным управлением. Разработана методика проектирования, которая позволила выявить и минимизировать ошибки формируемого амплитудно-фазового распределения, которые оказывают существенное влияние на качество суммарной и разностной ДН.

**В третьей главе** проведено численное моделирование и оптимизация ДОС и излучателей, а также моделирование полотна АРЧС, предполагающее расчет характеристик направленности путем решения задачи излучения на основе метода конечных элементов с применением периодических граничных условий, при известных амплитудах волн, падающих на линейные решетки излучателей. Результаты моделирования моноимпульсных АРЧС S- и X-диапазона подтвердили эффективность разработанных технических решений в части модификации ДОС и возможность практической реализации антенн с улучшенными радиотехническими и массогабаритными характеристиками.

**В четвертой главе** представлены результаты экспериментальных исследований характеристик изготовленных опытных образцов моноимпульсных АРЧС. Рассмотрены ключевые конструкторско-технологические моменты, обеспечивающие низкопрофильность, технологичность конструкции, надежность и необходимую точность изготовления.

**В заключении** приведен перечень основных результатов работы и выводов.

**Приложения** содержат материал, касающийся вывода расчетных соотношений для волноводного фазовращателя, примененного в последовательной части ДОС, и расчета характеристик ДОС с независимым формированием амплитудно-фазового распределения суммарного и разностного каналов.

### **3. Новизна научных результатов и их теоретическое значение**

**Научная новизна** характеризуется следующими результатами, полученными в работе:

– разработан комплекс технических решений, заложенных при построении моноимпульсных АРЧС на основе модифицированных ДОС последовательного и последовательно-параллельного типов, позволяющий по сравнению с существующими вариантами построения аналогичных антенн осуществлять широкоугольное сканирование через нормаль к апертуре и получить выигрыш в части коэффициента усиления, уровня боковых лепестков суммарной ДН, глубины нуля и равенства амплитуд в максимумах разностной ДН, высоты профиля и массы конструкции;

– разработана методика проектирования, включающая алгоритм и программу расчета волноводной суммарно-разностной ДОС последовательного типа, построенной на основе направленных ответвителей, позволяющая выявить и минимизировать ошибки формируемого амплитудно-фазового распределения, обусловленные особенностями построения, и обеспечивающая возможность практической реализации моноимпульсной АРЧС с заданными характеристиками ДН;

– предложен алгоритм оптимизации структуры последовательной ДОС, обеспечивающий полное подавление эффекта «нормали» и выявленного эффекта «ослепления», позволяющий расширить сектор сканирования и полосу рабочих частот, улучшить согласование, повысить коэффициент усиления и снизить трудоемкость изготовления антенны;

– проведено исследование и оптимизация характеристик Т-щелевых направленных ответвителей, что позволяет существенно упростить технологию их изготовления и использовать указанный ответвитель в качестве типового элемента многоканальных волноводных систем распределения мощности;

– представлен вариант исполнения широкополосного низкопрофильного волноводного мостового устройства с регулируемым коэффициентом деления мощности на основе двух Т-щелевых направленных ответвителей и



волноводного фазовращателя, включенного между ними, позволяющий устранить асимметрию амплитудного распределения, формируемого последовательной ДОС.

#### **4. Практическое значение научных результатов, выводов и рекомендаций**

**Практическая значимость** работы состоит в том, что результаты исследований доведены до конкретных конструктивных решений, использованных в практических разработках АО «НПО «ЛЭМЗ», что подтверждается соответствующим актом внедрения.

#### **5. Свидетельство о личном вкладе**

Основные результаты работы **представлены** на нескольких научно-технических конференциях и **опубликованы** в 8-ми статьях в изданиях, включенных в перечень ВАК, 2-х патентах и 10-ти журналах и сборниках трудов конференций, входящих в систему РИНЦ.

#### **6. Степень обоснованности и достоверности научных положений**

**Достоверность** результатов работы обеспечивается использованием апробированного математического аппарата, теории антенн и устройств СВЧ, специализированных пакетов программ, строгой постановкой граничных задач при численном электродинамическом моделировании и подтверждением результатов, полученных разными методами, сравнением полученных результатов с имеющимися в литературе отдельными частными случаями, согласованностью расчетных и экспериментальных характеристик.

#### **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведённых в диссертационной работе**

Результаты и выводы диссертации можно **рекомендовать** к использованию и развитию в организациях, занимающихся разработкой антенных систем, таких как АО «НПП «Салют», ПАО «НПО «Алмаз» им. академика А.А. Расплетина», АО «Всероссийский НИИ радиотехники», АО «Концерн радиостроения «Вега».

#### **8. Замечания по диссертационной работе и автореферату**

Вместе с тем, по представленной работе имеются 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 антенны так называемые «кроссполяризационные» 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 волноводах 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.

Однако, указанные замечания, не снижают научной и практической значимости основных результатов, полученных автором, и поэтому не влияют на общую положительную оценку работы.



## Выводы

1. Диссертационная работа Сучкова А.В. 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.

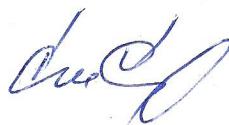
2. Автореферат соответствует основным положениям диссертации.

3. Представленная на отзыв диссертационная работа по своей актуальности, теоретическому уровню, новизне, по практической ценности полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых 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.

Отзыв составили:

Ведущий научный сотрудник,  
кандидат технических наук



С.А. Соколов

Старший научный сотрудник,  
кандидат технических наук



А.И. Немоляев

Начальник КБ АО «НПП «Салют»,  
кандидат технических наук



М.В. Исаков

Соколов Станислав Александрович, к.т.н.

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: «АО «НПП «Салют»

Адрес: 111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 6

Телефон: +7 (495) 672-49-26

E-mail: sokolov\_sa@smp-salyut.ru

Немоляев Алексей Иванович, к.т.н.

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: «АО «НПП «Салют»

Адрес: 111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 6

Телефон: +7 (495) 672-49-42

Исаков Михаил Владимирович, к.т.н.

Должность: начальник КБ

Место работы: «АО «НПП «Салют»

Адрес: 111123, г. Москва, ул. Плеханова, д. 6

Телефон: +7 (495) 672-75-19

E-mail: isakov\_mv@smp-salyut.ru

Подписи Соколова С.А., Немоляева А.И., Исакова М.В. заверяю

Заместитель генерального директора  
по персоналу и безопасности



Б.И. Чубенко