



АО «НИИЭМ»

08.11.19 № 74/4565

На № \_\_\_\_\_

Акционерное общество  
«Научно-исследовательский институт электромеханики»

ОГРН 1095017003652 ОКПО 04657145 ИНН/КПП 5017084537/501701001

Панфилова ул., д. 11, г. Истра, Московская область, 143502; тел.: (495) 994 51 10, факс: (499) 254 53 75

Для телеграмм: 143500 Истра ВЕКТОР; E-mail: info@niiem.ru

Учёному секретарю  
Диссертационного совета  
Д 212.125.03  
к.т.н. Горбуновой А.А.  
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское шоссе, д.4  
МАИ (НИУ)

Уважаемая Анастасия Александровна!


Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Измайлова А.А. на тему «Двухдиапазонная двухполяризационная антенная система авиационного мониторинга земной поверхности», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Приложение:

Отзыв на автореферат диссертации в 2 экз. на 8 л.



Генеральный директор



В.Г. Кориневский

Исполнитель: Гаджиев Э.В. 8 (495) 994 55 57

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. № \_\_\_\_\_  
"12" 17 2019



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора АО «НИИЭМ»

по космическим системам

К.Т.Н.

Салихов Р.С.

2019 г.



## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Измайлова Алексея Александровича на тему «Двухдиапазонная двухполяризационная антенная система авиационного мониторинга земной поверхности», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук

по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Представленная работа посвящена изучению свойств частотно-селективных структур (ЧСС) и возможности их практического использования для реализации совмещённых двухдиапазонных антенных систем с низкой высотой профиля и высоким значением коэффициента усиления (КУ). Автор ставит и решает актуальные задачи, направленные на сокращение высоты профиля, увеличение полосы рабочих частот и развязки, обеспечение высокого значения КУ, создание разрешённых антенных систем с подавлением дифракционных лепестков и коэффициентом децимации 1:4, что существенно упрощает компоновку фидерной системы в совмещённых системах, на основе внедрения структур со свойствами искусственного магнитного проводника, частично-отражающей поверхности (ЧОП).

К числу важных научных результатов работы относится:

1. Разработан принцип построения и функционирования совмещённой на одном полотне антенной системы (АС) ОВЧ/УВЧ-диапазонов, используя ЧСС со свойством АМС, позволяющий снизить высоту профиля АС и уменьшить взаимовлияние диапазонов. Выявлены особенности поведения коэффициента

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Лх. № 2  
12 11 20 19



отражения в полосе частот, связанные с конечным размером ЧСС, наличием резонансов между металлическим экраном и ЧСС, а также способы их устранения.

2. Развита принцип построения и функционирования совмещённой на одном полотне АС С/Х-диапазонов, используя две ЧСС со свойствами ЧОП, выполняющих роль пространственно-частотного полосно-пропускающего фильтра для одного диапазона и полосно-заграждающего для другого. Это позволяет получить высокие значения КУ и реализовать разреженные АР с подавлением дифракционных лепестков и коэффициентом децимации 1:4, что существенно упрощает компоновку фидерной системы. Установлен механизм повышенной взаимной связи между возбуждающими элементами АР и способы её уменьшения.

3. Создана методика аналитических оценок характеристик АС на основе ЧСС со свойствами ЧОП, обобщающая результаты, полученные как методом эквивалентных схем на основе модели Т-волны, так и на модели двумерной антенны вытекающей волны, позволяющая оценить основные параметры и характеристики АС (структуру и геометрию, полосу частот, КУ, диаграмму направленности).

К числу важных практических результатов работы относится:

1. Разработаны технические решения совмещённой АС С/Х-диапазонов: для АР Х-диапазона (размерностью 2x2) полоса частот 5.2% (9.3-9.8 ГГц), усиление  $G = 19$  дБ, УБЛ = -15 дБ, уровень кроссполяризации в двух главных плоскостях меньше -30 дБ, развязка между АР С- и Х-диапазонов в совпадающих поляризациях не превышает -20 дБ, развязка между АР С- и Х-диапазонов в ортогональных поляризациях не превышает -45 дБ и -20 дБ соответственно. Электрическое сканирование лучом в секторе  $\pm 15^\circ$  подтверждено на двухполяризационных АР (размерностью 1x2) С-диапазона и АР (1x4 размерностью) Х-диапазона.

2. Разработаны варианты технических решений совмещения ОВЧ/УВЧ-диапазонов с различным расположением АР и требованиями к ЧСС, предложены и обоснованы их электродинамические модели, проведено полноволновое моделирование, включающие сопоставление различных методов расчета, дана



оценка взаимного влияния АР одного диапазона на характеристики другого и способы его снижения.

3. Для схемы  $ОВЧ_{down} \parallel УВЧ_{up}$  профиль совмещённого антенного комплекса ОВЧ (размерностью 1x2) и УВЧ (размерностью 4x2) диапазонов составил  $0.17\lambda_{овч}$  (меньше на 32% по сравнению с классическим случаем совмещённых вибраторно-вибраторных АС), ширина рабочей полосы ОВЧ диапазона 30%, усиление  $G = 10$  дБ, УБЛ = -18 дБ, развязка между диапазонами не превышает -50 дБ, ширина рабочей полосы УВЧ диапазона 18%, усиление  $G \geq 15$  дБ, УБЛ = -13.2 дБ, развязка между диапазонами не превышает -25 дБ.

4. Для схемы  $УВЧ_{down} \parallel ОВЧ_{up}$  профиль совмещённого антенного комплекса ОВЧ (размерностью 1x2) и УВЧ (размерностью 4x2) диапазонов составил  $0.098\lambda_{овч}$  (меньше на 62% по сравнению с классическим случаем совмещённых вибраторно-вибраторных АС), ширина рабочей полосы ОВЧ-диапазона 40%, усиление  $G = 10$  дБ, УБЛ = -18 дБ, развязка между диапазонами не превышает -40 дБ, ширина рабочей полосы УВЧ диапазона 18%, усиление  $G = 15$  дБ, УБЛ = -13.2 дБ, уровень КСВ  $\leq 2$ , развязка между АР различного диапазона не превышает -20 дБ.

5. Проведено макетирование с использованием принципа электродинамического подобия совмещённой АС в одной апертуре по схеме  $УВЧ_{down} \parallel ОВЧ_{up}$  с соотношением частот 1:3: размерностью в ОВЧ-диапазоне (1x2) с печатными вибраторными излучателями, размерностью (4x2) в УВЧ-диапазоне на основе двумерных печатных элементов. Измеренные характеристики (S-параметры, ДН, КУ), подтвердили обоснованность предложенного технического решения низкосилуэтной АС с сохранением основных радиотехнических характеристик.

Результаты работы внедрены в АО «Концерн радиостроения «Вега». Полученные автором результаты выглядят достоверными, так как автор использовал известные и апробированные методы полноволнового моделирования. Результаты работы полностью отражены в 26 научных трудах автора.

**В работе имеются следующие недостатки:**



1. рассмотрен случай только равномерного амплитудного распределения совмещенных антенных систем С/Х- и ОВЧ/УВЧ-диапазонов, что не всегда приемлемо с точки зрения требуемого уровня боковых лепестков ДН.
2. не рассмотрен вопрос возможности совмещения трёх и более диапазонов в одной апертуре.

Диссертационная работа выполнена на хорошем научно-техническом уровне, а её результаты достаточно полно опубликованы. По-нашему мнению работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ, а её автор Измайлов Алексей Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Отзыв на автореферат диссертации Измайлова Алексея Александровича рассмотрен на заседании секции «Космические технологии» («КТ») научно-технического совета (НТС) АО «НИИЭМ» протокол № 1/11/КТ от 06.11.2019 г.

Ведущий научный сотрудник, к.т.н.  
лаборатории антенно-фидерных устройств  
учёный секретарь НТС «КТ»

Э.В. Гаджиев

Начальник лаборатории  
антенно-фидерных устройств

А.Г. Генералов

Название организации: Акционерное общество «Научно-исследовательский институт электромеханики» (АО «НИИЭМ»)  
Адрес: 143502, Московская область, Истринский район, город Истра, улица Панфилова, дом 11.  
Телефон: 8 (495) 994 55 57  
e-mail: otd24@niiem.ru