

АО «КОНЦЕРН ВКО «АЛМАЗ - АНТЕЙ»



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**«НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
имени В.В. Тихомирова»**

Гагарина ул., д. 3, Жуковский,  
Московская область, Россия, 140180  
Тел.: (495) 556-23-48 факс: (495) 276-67-07  
E-mail: [niip@niip.ru](mailto:niip@niip.ru) http: [www.niip.ru](http://www.niip.ru)

ОКПО 13185231, ОГРН 1025001627859  
ИНН/КПП 5013045054/ 504001001

26.11.19г. № 011/1808

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_  
Г \_\_\_\_\_ 7

*Об отзыве ведущей организации  
на диссертацию*

Уважаемый Юрий Владимирович!

Высылаю в Ваш адрес отзыв ведущей организации АО «НИИП имени В.В. Тихомирова» на диссертацию Измайлова А.А. «Двухдиапазоннаядвухполяризованная антенная система авиационного мониторинга земной поверхности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Приложение: 1. Отзыв, в 2-х экз., на 6 листах каждый;

2. Автореферат, от н/вх № ус/128 от 31.10.19, 1 бр.;

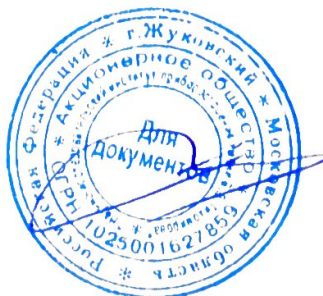
3. Диссертация, от н/вх № ус/128 от 31.10.19, 1 кн.

С уважением

ученый секретарь

АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»

доктор технических наук -



Кауфман Г. В.

Исполнитель: Гриднев В.И. тел.59-13

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
Вх № 28 11 20 19



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**«НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
имени В.В. Тихомирова»**

Гагарина ул., д. 3, Жуковский,  
Московская область, Россия, 140180  
Тел.: (495) 556-23-48 факс: (495) 276-67-07  
E-mail: [niip@niip.ru](mailto:niip@niip.ru) http: [www.niip.ru](http://www.niip.ru)

ОКПО 13185231, ОГРН 1025001627859  
ИНН/КПП 5013045054/ 504001001

26.11.19г. № 011/1807

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Г

Г

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель

Генерального директора по научной работе

АО "НИИП имени В.В. Тихомирова"

Главный конструктор

К.Т.Н., С.Н.С Синани А.И.

ноября 2019 г.



**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертационную работу Измайлова Алексея Александровича

«Двухдиапазонная двухполяризационная антенная система

авиационного мониторинга земной поверхности», представленную на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

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

Совмещение антенных систем (АС) различного назначения и диапазонов частот на одной поверхности приходится выполнять при создании современных многофункциональных бортовых РЭС. Сложности проектирования совмещаемых АС состоят в том, что оптимизация параметров каждой АС должна выполняться в присутствии другой. При этом совмещаемые АС должны удовлетворять предъявляемым требованиям. В АО «НИИП им. В.В.Тихомирова» было приложено множество усилий при разработке РЛСУ «Барс», в которой совмещены в одной апертуре функции ФАР Х диапазона и антенны L диапазона системы госопознавания, с соотношением частот порядка 10. Но на практике часто возникает необходимость совмещать АС с меньшим отношением максимальной и

28 11 20 19 1

минимальной частот, например, равным 3 или даже 1.8. В этих случаях вопросы совмещения решаются особенно трудно. Поэтому, тему диссертационной работы Измайлова Алексея Александровича «Двухдиапазонная двухполяризационная антенная система авиационного мониторинга земной поверхности» посвященную вопросам создания совмещенных, 2-поляризационных АС с помощью частотно-селективных структур (ЧСС) с различными свойствами следует считать весьма актуальной.

В работе рассматриваются ЧСС со свойствами частично отражающей поверхности (ЧОП) и со свойствами искусственного магнитного проводника (artificial magnetic conductor – АМС).

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы и двух приложений.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и основные задачи исследований. Дается общая характеристика работы.

**В первом разделе** анализируются различные подходы к построению совмещенных антенных систем различных диапазонов. По материалам открытых российских и зарубежных информационных источников автор проводит обзор антенных систем и анализ технических решений, используемых при их реализации. Рассматривается перечень требуемых параметров и реализованных характеристик. В результате анализа автор выделил и сгруппировал три подхода к комплексированию антенных систем.

**Во втором разделе** автором предложена методика аналитических оценок характеристик АС на основе ЧСС со свойствами частично отражающей поверхности, 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, коэффициент усиления, диаграмму направленности). Полученные оценки позволяют перейти к рассмотрению АС на основе ЧСС с частично-отражающей поверхностью на основе модели разреженной АС X-диапазона с коэффициентом децимации 1:4 и шагом между излучателями  $1.3\lambda_x$ .

**Третий раздел** диссертационной работы посвящен техническим решениям и анализу функционирования совмещенной 2-х поляризационной

АС С/Х диапазонов с отношением частот 1:1.8 на основе ЧСС со свойствами ЧОП. Схематично показана конструкция совмещенной АС, на которой две ЧСС расположены на расстоянии  $h_1$  и  $h_2$  от металлического экрана, образуя при оптимальном выборе параметров две резонансные области для частот С и Х диапазона  $f_C$  и  $f_X$ . Показано, что аналитические оценки дают удовлетворительное начальное приближение для последующего полноволнового моделирования. Проведены результаты расчетов 2-х поляризационных АР размерностью 1x2 С диапазона и АР 1x4 Х диапазона, показывающие возможность электрического сканирование лучом в секторе  $\pm 15^\circ$ .

**Четвертый раздел** диссертационной работы посвящен построению и функционированию совмещённой на одном полотне АС ОВЧ/УВЧ-диапазонов с соотношением частот 1:3, используя ЧСС со свойством искусственного магнитного проводника (коэффициент отражения +1 для ОВЧ-диапазона), позволяющие снизить высоту профиля АС и уменьшить взаимовлияние диапазонов. Разработаны три схемы комплексирования АС ОВЧ- и УВЧ-диапазонов. Классификация схем произведена по принципу расположения диапазонов друг над другом. Для такого технического решения в УВЧ-диапазоне ЧСС структура является металлическим экраном, при этом излучатели УВЧ-диапазона располагаются над ЧСС на расстоянии  $\lambda_{увч}/4$ . С другой стороны вторая схема позволяет максимально снизить высоту профиля всей АС, при этом, ЧСС должна быть прозрачной ( $|\Gamma| \sim 0$ ) для излучателей УВЧ-диапазона. Третья схема предполагает использование двухчастотной ЧСС. При таком решении накладываются дополнительные требования на ЧСС структуры, ЧСС должна обеспечивать коэффициент отражения +1 как в ОВЧ, так и в УВЧ диапазоне соответственно. Основной проблемой является подбор оптимального значения периода ЧСС для работы на двух диапазонах. Это ограничение существенно сужает рабочую полосу АС, что является причиной отказа от реализации, совмещенной АС по этой схеме.

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

**В Приложении** приведены материалы, касающиеся сравнения существующих на сегодняшний день совмещенных антенных систем, а также приведена графическая зависимость поведения фазы коэффициента отражения от геометрических параметров АМС структуры.

Основные результаты работы **опубликованы** в 7 журнальных статьях и обсуждались на международных конференциях. Материал глав диссертации достаточно отражен в опубликованных работах.

**Практическая значимость результатов** диссертационной работы Измайлова А.А. состоит в том, что в работе предложены конкретные технические решения построения совмещенных АС Х и С диапазонов, а также УВЧ и ОВЧ. Благодаря применению ЧСС со свойствами АМС и выбору варианта совмещения, удалось снизить высоту профиля совмещенной АС до  $0.098\lambda_{овч}$ . То есть антенна, с рабочей длиной волны в 2.3 метра имеет высоту всего 23 см.

Показано, что применение ЧСС с ЧОП в антенных решетках Х диапазона позволяет уменьшить число активных излучателей, при этом дифракционные лепестки из-за разреженности решетки оказываются подавленными. Благодаря разреженности излучателей упрощается решение вопросов возбуждения излучателей;

Данные технические решения могут быть рекомендованы для организаций, занимающихся разработкой малогабаритных беспилотных ЛА мониторинга земной поверхности.

**Научная новизна** диссертационной работы Измайлова А.А. состоит:

- в развитии идей и технических решений создания совмещенных АС различного назначения и диапазонов частот на основе применения ЧСС с различными свойствами;
- в разработке методики аналитических оценок характеристик совмещенных АС, позволяющей сформировать предварительную модель АС для последующей оптимизации параметров. Применимость разработанной методики подтверждена экспериментально.

**Достоверность полученных результатов** подтверждена многочисленными сравнениями с имеющимися в литературе частными случаями и

экспериментальными данными, полученными на макетах, рассчитанных автором.

При выполнении исследований по теме диссертации автором применен целый арсенал современных методов теории антенн, математической физики, численных методов оптимизации и экспериментальных исследований, что свидетельствует о высоком профессиональном уровне Измайлова А.А.

### **Замечания по диссертации**

1. С нашей точки зрения диссертационная работа Измайлова А.А. только бы выиграла, если бы ее название и название разделов диссертации более адекватно отражали научное содержание и выполняемые работы. Например, главу 2, имеющую название «Антенные решетки на основе частотно-селективных структур со свойствами частично-отражающей поверхности», правильнее было бы назвать – «Методика аналитических оценок АС на основе ЧСС со свойствами ЧОП». Понимание диссертации в этом случае было бы значительно проще.

2. Методика аналитических оценок параметров и характеристик АС строится на 2-х моделях: эквивалентной схемы для падающей плоской волны и двумерной антенны вытекающей волны. При этом отсутствует сопоставление одних и тех же параметров, полученных с помощью разных моделей. Необходимость такого сравнения очевидна.

### **Выводы**

Отмеченные недостатки не снижают практической ценности диссертационной работы Измайлова А.А.

В проведенных в диссертации исследованиях содержатся научно обоснованные технические решения по построению совмещенных антенных систем с частотно-селективными структурами. Предложенная автором методика аналитических оценок позволяет сформировать начальное приближение для последующей оптимизации характеристик антенных систем.

Автореферат полностью отражает основные положения диссертации.

Диссертация Измайлова А.А. соответствует пп. 9 и 10 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к

кандидатским диссертациям, соответствует паспорту специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ - устройства и их технологии».

Работа представляется нужной для практики, а сам соискатель Измайлов А.А., продемонстрировал владение современным аппаратом вычислительной электродинамики и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв подготовлен в лаборатории №133 АО «Научно-исследовательского института Приборостроения имени В.В.Тихомирова», обсужден и одобрен на заседании секции НТС №2, протокол №6 от 26 ноября 2019 г.

Председатель секции НТС №2 АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»

кандидат технических наук  
старший научный сотрудник

Синани Анатолий Исакович

Отзыв составил начальник лаборатории  
АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»

кандидат технических наук

Гриднев Вячеслав Иванович

*Сведения о лице, составившем отзыв:*

специальность: 05.12.07 «Антенны, СВЧ - устройства и их технологии»;

Место работы: АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»;

140180, ул. Гагарина, д.3;

Должность: Начальник лаборатории;

Служебный телефон: 8(495) 556 23 48;

Электронная почта: niip@niip.ru.

Подпись Гриднева В.И. заверяю

ученый секретарь АО «НИИП имени В.В. Тихомирова»

доктор технических наук



Кауфман Геннадий Владимирович