

## ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата физико-математических наук, Лося Валериана Федоровича на диссертацию Измайлова Алексея Александровича «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»

Совершенствование тактических характеристик летательных аппаратов и усложнение окружающей электромагнитной обстановки приводят к увеличению числа задач, возлагаемых на перспективные бортовые радиотехнические комплексы и, соответственно, к необходимости размещения на внешней поверхности их носителей большого числа антенных устройств разных частотных диапазонов. Разработка и внедрение таких комплексов служит, несомненно, интересам развития многих отраслей народного хозяйства страны.

Площадь фюзеляжа носителей комплексов существенно ограничивает число мест, пригодных для подходящего размещения антенн радиоэлектронных средств (РЭС), по причине чего с возрастанием их числа обостряются вопросы обеспечения внутренней электромагнитной совместимости, что стимулирует и поиск путей их решения. Хотя постановка задач комплексирования РЭС подвижных комплексов насчитывает уже несколько десятилетий, многие вопросы практической реализации выдвинутых разными исследователями предложений остаются до настоящего времени без ответа. Поэтому тема диссертационной работы А.А. Измайлова, ориентированная на облегчение проблемы размещения антенн РЭС на подвижных носителях путём парного размещения некоторых из них в одной апертуре, является **актуальной**.

Разработка технических решений совмещения в одной апертуре антенных систем Х и С, УВЧ и ОВЧ диапазонов проведена с использованием частотно-селективных структур (ЧСС), обладающих свойствами частично-отражающей поверхности (ЧОП) и искусственного магнитного проводника

ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ  
№ 28 11 20 19 1

(ИМП). На этой основе исследована возможность реализации высокого значения КУ при уменьшенном числе элементов антенных решёток (АР) с подавлением дифракционных лепестков. Проведен анализ уменьшения общей высоты антенной системы, важной для улучшения аэродинамических характеристик летательных аппаратов в авиации или для облегчения укладки аппаратуры под обтекатель космических аппаратов при выводе на орбиту.

Поставленная в диссертации цель достигнута в результате решения следующих частных задач:

- анализ методов и технических решений совмещения антенных решёток ОВЧ, УВЧ, С и Х частотных диапазонов, имеющих в доступной литературе;
- разработка схемы и принципа функционирования совмещённой антенной системы из АР С и Х диапазонов на основе частично отражающих ЧСС;
- исследование возможности достижения больших значений КУ в структуре с разреженными АР и частично отражающими ЧСС, подавляющими дифракционные лепестки;
- обоснование технического решения совмещения в одной апертуре АР С и Х диапазона, разработка электродинамической модели указанного решения и проведение численного моделирования характеристик излучения полученной структуры;
- разработка схемы и принципа функционирования совмещённой антенной системы из АР ОВЧ и УВЧ диапазонов на основе ЧСС со свойствами искусственного магнитного проводника;
- обоснование технического решения совмещения в одной апертуре АР ОВЧ и УВЧ диапазона, разработка электродинамической модели этой структуры и проведение численного моделирования её характеристик излучения;
- разработка методики аналитических оценок характеристик составных антенных систем с ЧСС;



Результаты численного моделирования представлены многочисленными рисунками и графиками.

В процессе решения частных задач в диссертации получены следующие **новые научные результаты:**

➤ разработан принцип построения и функционирования совмещённой антенной системы из АР ОВЧ и УВЧ диапазонов на основе ЧСС со свойствами искусственного магнитного проводника, позволяющий уменьшить как общую высоту, так и взаимное влияние составляющих антенную систему АР друг на друга. Выявлены особенности поведения характеристик структуры, обусловленные конечным размером ЧСС и наличием резонансов между проводящим экраном и ЧСС. Предложены способы снижения влияния этих факторов;

➤ разработан принцип построения и функционирования совмещённой антенной системы из АР С и Х диапазонов на основе частично отражающих (в зависимости от частоты) ЧСС, выполняющих функции пространственно-частотного полосно-пропускающего фильтра для одного диапазона и режекторного – для другого,. Для этой структуры получены большие значения КУ с разреженными в 4 раза АР и, тем не менее, с подавленными дифракционными лепестками. Обоснован способ уменьшения взаимной связи между возбуждающими элементами АР в составной структуре;

➤ обоснованы варианты технических решений совмещённых антенных систем ОВЧ и УВЧ, С и Х диапазонов и построены их электродинамические модели, на основании которых получены обширные, представляющие практический интерес результаты;

➤ обобщена (с использованием соотношений из теории резонаторов Фабри-Перо) известная методика получения аналитических оценок характеристик антенных систем на основе частично отражающих ЧСС, основанная на методе эквивалентных схем в рамках чисто поперечной волны и модели двумерной антенны вытекающей волны. Полученное обобщение методики позволило оценивать такие характеристики совмещённой антенной

системы, как структура и геометрия расположения составных частей, полюсу частот, КУ и ДН.

**Достоверность** полученных результатов обосновывается строгой постановкой решаемых частных задач, корректным обоснованием физических моделей составных антенных систем, близостью результатов численного моделирования характеристик излучения рассмотренных антенн, полученных разными методами в рамках широко апробированной коммерческой программы, совпадением с имеющимися в литературе результатами частных случаев измерения и расчётов.

**Практическая значимость** полученных автором результатов состоит в обосновании технической возможности решения следующих задач: (а) уменьшения профиля совмещённой антенной системы ОВЧ/УВЧ диапазонов при снижении их взаимного влияния; (б) использования разреженных антенных решёток при одновременном достижении высоких значений КУ и подавлении дифракционных лепестков.

Важно отметить, что результаты диссертационной работы использованы в АО «Концерн радиостроения «Вега» при модернизации антенных устройств реального многочастотного радиолокационного комплекса, что подтверждено прилагаемым актом внедрения.

Вместе с тем изложение проведенного в диссертационной работе исследования не свободно от следующих **недостатков**:

1. Поскольку характер решаемой задачи таков, что полученные результаты при каком-либо наборе характеристик совмещаемых антенных решёток невозможно использовать для реализации аналогичной системы с другими исходными характеристиками, то приведенный в первом разделе обзор литературы, занимающий более четверти объёма диссертации, представляется излишне подробным, особенно когда требования к совмещаемым антеннам сформулированы лишь во втором и четвёртом разделах.



2. Не приведена точность аналитической модели оценки характеристик излучения антенных решёток, развитая во втором разделе.

3. Не сформулировано чётко, чем используемый автором диссертации принцип совмещения антенных решёток разных диапазонов отличается от принципов, рассмотренных в работах более 40 наименований, процитированных в первом разделе.

4. Условия масштабного моделирования макета антенной системы ОВЧ/УВЧ диапазонов не вполне отвечают требованиям теории электродинамического подобия.

5. Требования к ДН антенн обеих пар совмещаемых антенных систем автором во втором и четвёртом разделах не приведены, но графические результаты моделирования ДН занимают в диссертации заметное место. Безусловно, приведенные результаты представляют практический интерес, однако без указания требований к форме ДН приводимые для обеих совмещённых систем фразы, что в них «...имеет место некоторая деформация ДН» не позволяют заключить, насколько это приемлемо.

6. Использованное в четвёртом разделе словосочетание «частотно-селективные структуры со свойствами искусственного магнитного проводника» не адекватно отражает суть проведенного в этом разделе исследования технического решения по уменьшению высоты профиля антенной системы ОВЧ/УВЧ диапазонов. Фактически для реализации этой задачи автором использован собственно искусственный магнитный проводник.

Отмеченные недостатки не снижают существенным образом общего положительного впечатления о полученных в диссертации Измайлова А.А. результатах.

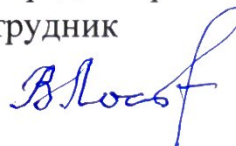
Содержание автореферата и материалы публикаций автора достаточно полно отражает основные положения диссертации, выносимые на защиту, а также полученные в диссертации результаты.

Тематика проведенного исследования соответствует паспорту специальности 05.12.07 – "Антенны, СВЧ – устройства и их технологии".

**Вывод.** Диссертация Измайлова А,А.. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития и модернизации бортовых многочастотных радиотехнических комплексов в отношении облегчения решения вопросов размещения антенных устройств на фюзеляже носителей комплексов, обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств комплекса, совершенствования аэродинамических характеристик авиационных носителей или решения вопросов компоновки аппаратуры под обтекателем космических аппаратов при выводе на орбиту.

Диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Измайлов Алексей Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 - "Антенны, СВЧ – устройства и их технологии".

Ведущий научный сотрудник АО "Концерн радиостроения "Вега",  
канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник



В. Ф. Лось

*Сведения об официальном оппоненте:*

Специальность: 01.04.03 – «Радиофизика»;

Место работы: АО «Концерн радиостроения «Вега», по специальности 05.12.07 – "Антенны, СВЧ – устройства и их технологии".

121170, г. Москва, Кутузовский проспект, 34.

Служебный телефон: 8 (499) 753-40 –04\* 9105

Электронная почта: [mail@vega.su](mailto:mail@vega.su), для Лося В.Ф.

Подпись и сведения о к.ф.-м.н. Лосе В. Ф. заверяю  
Ученый секретарь АО "Концерн радиостроения "Вега"



Н.С. Сидорова