

Учёному секретарю
диссертационного совета

Д.212.125.03

д.т.н., профессору

Сычёву М.И.



Волоколамское шоссе, д.4, Москва
А-80, ГСП-3
125993

Уважаемый Михаил Иванович!

На Ваш исх. № 420-10.007 от 04.10.2016 г. высылаю отзыв официального оппонента, доктора технических наук, профессора Нечаева Е.Е. на кандидатскую диссертацию Гаджиева Э.В.

Приложение:

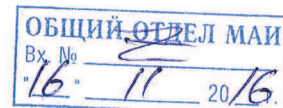
1. Отзыв официального оппонента в 2 экз. на 6 л.

Проректор МГТУ ГА по НР и И



В.В.Воробьев

Исп. Нечаев Е.Е., тел. 8 (499) 457-70-59



ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Нечаева Евгения Евгеньевича на диссертацию Гаджиева Эльчина Вахидовича «УКВ антенны малых космических аппаратов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ И СООТВЕТСТВИЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

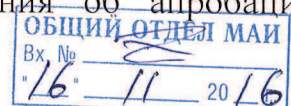
Активное развитие космической техники, которое связано с переходом от разработок больших и тяжёлых космических аппаратов (КА) к малогабаритным КА, привело к появлению нового класса малых КА со стартовой массой менее 500 кг. К бортовым антеннам малых КА предъявляются весьма жёсткие требования по массогабаритным параметрам. В тоже время при минимально возможных габаритах необходимо обеспечить приемлемые характеристики направленности, согласования, а также обеспечить работоспособность бортовой антенны в условиях дестабилизирующего влияния космического пространства и условий запуска КА.

Таким образом, тема диссертационной работы соискателя Гаджиева Эльчина Вахидовича является **актуальной и соответствует специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».**

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Работа изложена на 152 страницах машинописного текста, содержит 87 рисунков, 16 таблиц и 165 наименований литературы.

Во **введении** обосновывается актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы, отмечаются научная новизна и практическая значимость, перечислены методы исследования, приведены сведения об апробации



работы, структуры диссертации и внедрении результатов, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** автором показано состояние и перспективы развития космической техники. Показан активный процесс миниатюризации, который заключается в переходе к разработке и внедрению малых КА (стартовой массой менее 500 кг) вместо тяжёлых КА (стартовой массой свыше 3 т). Приведены разработанные как отечественные, так и зарубежные малые КА. В работе проведён аналитический обзор применяемых в настоящее время бортовых антенн, а также ряд конструктивных решений, используемых при построении бортовых антенных систем. Учитывая специфику бортовых антенн и тенденцию к их миниатюризации, сформулированы и представлены требования к таким характеристикам бортовых антенн малых КА как, характеристики направленности, согласование, частотные и массогабаритные характеристики. Показана необходимость в разработке малогабаритной, невыступающей бортовой антенной системы для нового класса малых КА.

Вторая глава посвящена особенностям построения малогабаритной, невыступающей антенной системы малых КА. Подробно рассмотрены и представлены дестабилизирующие факторы космического пространства, влияющие на конструкцию, на используемые материалы и работоспособность бортовой антенны. Сформулированы и представлены требования по механическому, температурному воздействиям, а также воздействиям космического пространства, предъявляемые к материалам и конструкции бортовой антенны малых КА. Предложен вариант применения микрополосковых (печатных) антенн в качестве бортовых антенн малых КА. Проведён аналитический обзор существующих способов миниатюризации микрополосковых антенн и предложен вариант миниатюризации, который позволяет разрабатывать УКВ микрополосковые антенны с габаритами в 2–2,5 раза меньшими по сравнению с существующими аналогами при приемлемых характеристиках направленности.

В **третьей главе** приводится приближённое решение задачи об излучении антенны, размещённой на сферической поверхности КА, и рассмотрено влияние формы поверхности на характеристики направленности.

В **четвёртой главе** представлены разработанные конструкции бортовых микрополосковых антенн, приведены их характеристик направленности и согласования. Показаны результаты экспериментального исследования бортовых микрополосковых антенн малого КА «Ионосфера» и сверхмалого КА «CubeSat». Представлены результаты сравнения диаграмм направленности бортовой антенны малого КА, полученные путём численного расчёта и натурного эксперимента.

В заключение представлены основные результаты диссертационной работы.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

Прикладные научные исследования, проведённые в диссертационной работе, направлены на решение конкретной задачи по обоснованию и выбору миниатюрной, планарной, одночастотной и многочастотной, с линейной и круговой поляризацией бортовой микрополосковой антенны УКВ диапазона с приемлемыми характеристиками направленности, применяемой в качестве бортовой антенны для нового класса малых КА.

ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании результатов электродинамического моделирования и экспериментальных исследований можно считать, что основные положения, выносимые на защиту (с. 7 автореферата, с. 10 диссертации), являются **достаточно обоснованными и достоверными.**

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что при использовании предложенных антенн можно разработать миниатюрную,

планарную, надёжную, бортовую антенную систему для нового класса малых КА широкого профиля.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Полученные в диссертационной работе научные и практические результаты внедрены в ОКР АО «Научно-исследовательском институте электромеханики» (АО «НИИЭМ»), а также в учебный процесс на кафедре «Радиофизика, антенны и микроволновая техника» МАИ (НИУ).

Основные научные результаты, выводы и рекомендации диссертации **опубликованы** в тринадцати научных статьях в журналах, включённых в перечень ВАК РФ, **доложены и обсуждены** на десяти международных, двух всероссийских и одиннадцати молодёжных конференциях. Кроме того, необходимо отметить **наличие** одного патента на изобретение и двух патентов на полезную модель.

Достоинством работы является то, что полученные результаты, в части миниатюрных, планарных, одночастотных и многочастотных, с линейной и круговой поляризацией, бортовых микрополосковых антенн позволят разработать малогабаритную, невыступающую, бортовую антенную систему для малых КА с приемлемыми характеристиками направленности.

Содержание диссертации **соответствует** содержанию опубликованных работ. Существенных замечаний к качеству оформления диссертации и изложению материала нет.

Содержание автореферата **соответствует** содержанию диссертации.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. В работе проведён аналитический обзор применяемых диэлектриков в качестве подложки бортовой микрополосковой антенны малых КА, в ходе которого сделан выбор в пользу применения материала ФЛАН (фольгированный листовой арилокс наполненный) (раздел 2.7). Как известно,

данный материал обладает значительным разбросом значения диэлектрической проницаемости ϵ , что показано в диссертационной работе. При этом автором не представлены результаты оценки влияния разброса значения диэлектрической проницаемости ϵ материала на габаритные размеры антенны.

2. В работе рассмотрен вопрос, посвящённый дестабилизирующему влиянию космического пространства, условий запуска КА и эксплуатации бортовых антенн КА (разделы 2.1.1–2.1.3). Однако в работе отсутствует анализ влияния сублимации применяемого материала ФЛАН вследствие воздействия радиационного излучения и оценки его влияния на характеристики направленности и массогабаритные показатели бортовой антенны малых КА.

3. Предложенная автором методика приближённого расчёта характеристик направленности антенны (раздел 3.2), размещённой на сферической поверхности, позволяет произвести лишь инженерную оценку таких характеристик как диаграмма направленности, коэффициент стоячей волны, коэффициент усиления. Важная характеристика антенн КА – поляризационная характеристика осталась без внимания и экспериментально не исследовалась.

4. В работе рассмотрена и предложена миниатюрная, планарная, двухдиапазонная, бортовая микрополосковая антенна малых КА (раздел 4.1.5.3). Однако в работе не рассмотрен вариант аналогичной, но трехдиапазонной бортовой микрополосковой антенны, что позволило бы уменьшить количество антенн на борту КА.

Приведённые недостатки не снижают научной ценности и практической значимости результатов, полученных автором в диссертационной работе.

Оценивая работу в целом, считаю, что диссертация является законченной самостоятельной квалификационной работой, посвящённой **решению актуальной прикладной научной задачи** – разработке миниатюрных, планарных, бортовых антенн для нового класса малых КА.

Диссертационная работа **соответствует требованиям** положения «О присуждении учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержит научно обоснованные технические решения, внедрение которых имеет существенное значение для страны, и соответствует профилю специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» (технические науки), а её автор – Гаджиев Эльчин Вахидович **заслуживает** присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Официальный оппонент

Доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА)

Заведующий кафедрой «Управления воздушным движением» МГТУ ГА

Рабочий адрес: 125993, г. Москва, Кронштадтский б-р, д. 20, МГТУ ГА

Рабочий телефон: 8 (499) 457-70-59

Адрес электронной почты: eenetchaev@mail.ru

Евгений Евгеньевич Нечаев

Подпись Нечаева Е.Е. заверяю

Проректор МГТУ ГА по НР и И



В.В.Воробьев