

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Филиппова Сергея Борисовича
«Разработка и исследование двухзаходных конических логоспиральных
антенн радиотехнических систем космических аппаратов» на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Актуальность темы диссертации. Эффективность передачи информации по каналам спутниковой связи, электромагнитная совместимость и устойчивость функционирования приемопередающих устройств космического базирования существенно зависят от характеристик их антенных систем. При размещении на космических аппаратах диапазонных антенн с широкоугольным обзором пространства обеспечивается рациональное использование зарезервированного орбитально-частотного ресурса и достигаются значительные размеры зон обслуживания абонентов.

Вследствие ограничений на массогабаритные характеристики бортовой аппаратуры для излучения и приема сигналов целесообразно применять конические логоспиральные антенны, требуемые диапазонные и направленные свойства которых могут быть получены при малых электрических размерах и форме, не приводящей к существенному изменению внешнего вида носителя.

Поиск технических решений по конструктивному исполнению антенн и компоновке в составе объекта, как правило, базируется на результатах математического моделирования, позволяющих установить зависимости пространственно-частотного распределения излучаемых (принимаемых) волновых процессов от конфигурации, габаритов приемоизлучающих структур и электрофизических параметров несущих поверхностей при небольших по сравнению с экспериментальными исследованиями макетов затратах.

В трудах Воскресенского Д.И., Митрохина В.Н., Останкова А.В., Сазонова Д.М., Юдина В.И. с использованием строгих методов электродинамики разработаны модели и предложены способы оптимизации различных видов спиральных антенн, применяемых в системах спутниковой связи.

Однако указанные результаты получены применительно к одиночным антеннам в однородном изотропном пространстве, что не позволяет применять их для анализа и синтеза антенных систем, размещаемых на бортах мобильных объектов, где необходимо учитывать эффекты экранирования и электромагнитные

связи между элементами корпуса.

В работах Ашихмина А.В., Пастернака Ю.Г., Чебышева В.В., Шатракова Ю.Г. построены модели и выполнен анализ логоспиральных антенн на поверхностях малогабаритных носителей.

Однако указанные исследования проведены при замене поверхностных токов эквивалентными токами, приводящей к разрыву тангенциальной составляющей полного электрического поля на антенне и не позволяющей оценивать ее характеристики в ближней зоне. При этом остаются открытыми вопросы согласования приемоизлучающих структур с фидерными трактами и комплексной оптимизации характеристик излучения (приема) и рассеяния радиоволн при обосновании требований к устойчивости и надежности функционирования радиоэлектронного оборудования космических аппаратов.

Отмеченные обстоятельства определяют противоречие между потребностями совершенствования и уровнем разработки математических моделей антенн космического базирования.

Таким образом, тема диссертации Филиппова С.Б. «Разработка и исследование двухзаходных конических логоспиральных антенн радиотехнических систем космических аппаратов» является актуальной.

Степень обоснованности научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. В диссертации решена научная задача разработки математических моделей двухзаходных конических логоспиральных антенн для определения путей повышения эффективности приемопередающих устройств космического базирования.

Содержание работы, раскрывающее суть полученных соискателем результатов, сформулированных выводов и рекомендаций, изложено в трех главах.

В первой главе диссертации приведены математическая модель и результаты численного решения задачи возбуждения конической логоспиральной антенны с тонкопроволочным рефлектором на основе интегрального представления электромагнитного поля. Интегральное представление связывает комплексную амплитуду поля в точке наблюдения с токами на участке поверхности антенны, по которому выполняется интегрирование. Краевая задача ставится из граничных условий для электрических компонентов поля в виде системы интегральных уравнений относительно токов антенны. Для ее решения применяется метод дискретного представления искомых токов в виде аппроксимирующей последова-

тельности базисных функций, весовые коэффициенты которой являются корнями системы линейных алгебраических уравнений с матричным оператором краевой задачи.

По результатам анализа сходимости численных решений полученных уравнений, нормированных диаграмм направленности и распределения токов на заходах спиралей обоснованы рекомендации по выбору массива аппроксимирующих функций и допустимых соотношений между продольными и поперечными размерами проводников, образующих коническую логоспиральную антенну. Выявлены закономерности сильного и слабого отражения волн рефлектором и определены условия максимизации излучения антенны в полуплоскостях пространства.

Во второй главе диссертации представлены алгоритм и программы расчета характеристик двухзаходной конической логоспиральной антенны, согласованной с фидерным трактом последовательным трансформатором.

Алгоритм предназначен для расчета волнового сопротивления согласующего трансформатора при комплексном входном сопротивлении антенны и отличном от нуля значении мнимой части импеданса фидера. Включение согласующего элемента в конструкцию антенны позволяет увеличить ее электрическую прочность и коэффициент полезного действия, уменьшить амплитудно-фазовые искажения сигналов при передаче по линии, повысить мощность излучения.

Машинные программы, реализованные в системе компьютерной математики wxMaxima, позволяют проводить расчет характеристик антенн при различном числе витков спирали, изменении размеров несущего конуса, ячеек сетки рефлектора и типа возбуждающего воздействия.

В третьей главе диссертации содержатся экспериментальные оценки направленных свойств двухзаходных конических логоспиральных антенн радиоэлектронных средств L-, S- и C-диапазонов. Результаты получены путем измерения амплитуды (мощности) поля антенн в меридиональной и азимутальной плоскостях в дальней зоне.

Соискателем показано, что на диаграмму направленности антенны значительное влияние оказывает размер рефлектора. При синфазном питании антенны увеличение экрана приводит к возрастанию асимметрии направленных свойств, при противофазном возбуждении наблюдаются локальные экстремумы в области главного луча диаграммы направленности, существенно затрудняющие направленность передачи (приема) сигналов в радиоканалах.

Тематика диссертации охватывает содержание раздела «Области исследований» паспорта специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»:

по п. 1 (в части решения задач электродинамики для анализа и синтеза высокоэффективных антенн, определения их предельно достижимых характеристик, возможных путей построения);

по п. 2 (в части исследования характеристик антенн для их оптимизации и модернизации);

по п. 3 (в части исследования и разработки новых антенных систем с существенно улучшенными параметрами).

К числу наиболее значимых научных результатов работы, на наш взгляд, относятся следующие.

1. Математическая модель двухзаходной конической логоспиральной антенны с тонокпроволочным рефлектором на основе интегрального представления электромагнитного поля.

2. Алгоритм расчета волнового сопротивления трансформатора для согласования двухзаходной конической логоспиральной антенны с фидерным трактом и программы расчета характеристик этой антенны при включении согласующего трансформатора в ее конструкцию.

3. Предложения по конструированию двухзаходных конических логоспиральных антенн направленного излучения (приема) сигналов L-, S- и C-диапазонов.

Высокая степень обоснованности научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных автором, определяется тем, что они получены с использованием современных методов математической физики, теории волновых процессов и электродинамического моделирования объектов. Закономерности характеристик исследованных антенных систем подтверждены экспериментальными оценками, полученными с использованием высокоточной сертифицированной измерительной аппаратуры.

Достоверность и новизна научных результатов, выводов и рекомендаций. Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается обоснованными допущениями и ограничениями при постановке задач, соответствием полученных результатов общим физическим закономерностям, совпадением расчетных и экспериментальных данных. Анализ результатов

сопровождается ясной физической трактовкой выявленных эффектов и закономерностей характеристик антенн.

Технические решения и предложения по построению антенных систем реализованы в макетах, технические характеристики которых подтверждены в ходе экспериментальных исследований и испытаний в составе опытных образцов радиосистем космических аппаратов.

Новизна научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных по результатам выполненных исследований, связана с решением задач электродинамики для анализа и синтеза сложных антенн космического базирования, определения их предельно достижимых показателей, возможных путей оптимизации и модернизации, разработки новых антенных систем с существенно улучшенными параметрами.

Теоретическая значимость работы определяется развитием методик моделирования и алгоритмов анализа антенных систем, размещаемых на малогабаритных носителях. Реализация полученных соискателем результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в работе, позволит увеличить размеры зон обслуживания абонентов системы спутниковой связи при рациональном использовании радиочастотного спектра.

Основные результаты диссертации апробированы на международных и всероссийских научно-технических конференциях по тематике исследований и достаточно полно опубликованы в 14 научных работах, включая 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации. Предложенные соискателем технические решения по конструированию антенн защищены патентом Российской Федерации на изобретение.

Ценность работы для практики заключается в том, что приведенные в ней результаты, выводы и рекомендации могут быть использованы для совершенствования проектных решений по конструированию антенн космических аппаратов, а также разработке новых антенных систем спутниковой связи. Она подтверждена внедрением результатов в акционерном обществе «Российский космический центр «Прогресс» при разработке антенно-фидерных устройств космических аппаратов и мобильных башен обслуживания стартовых комплексов космодромов «Восточный» и «Гвианский космический центр».

Предложенные соискателем решения строго аргументированы и оценены в сравнении с известными аналогами.

Замечания и недостатки диссертационной работы. К сожалению, диссертация имеет ряд замечаний и недостатков; к числу наиболее важных из них относятся следующие.

1. В диссертации в явном виде отсутствует соответствие между основными задачами, результатами диссертационного исследования и авторскими оценками их научной новизны. Для изложения сути полученных результатов и доказательства достижения цели работы целесообразно сформулировать объект и предмет исследования, а формулировки положений, выдвигаемых для защиты, представить в виде утверждений, охватывающих закономерности характеристик антенн.

2. Вид и число базисных функций токов для частичного обращения оператора задачи возбуждения конической логоспиральной антенны выбраны без анализа скорости сходимости и устойчивости ее решения. При контроле точности расчета токов желательно привести значения невязки граничных условий для электрического поля антенны.

3. При сопоставлении рассчитанных и измеренных диаграмм направленности антенн требуется привести информацию об объеме экспериментальных данных для нахождения медианных значений регистрируемых величин по ансамблю реализаций и доверительном интервале полученных оценок.

4. Более корректным представляется анализ эффективности функционирования радиотехнических систем космического базирования по их эксплуатационным характеристикам. Автор же ограничился исследованием направленных свойств антенн при реализации его предложений по конструированию.

Вместе с тем, отмеченные недостатки существенно не снижают позитивное впечатление от работы и не ставят под сомнение ее положительную оценку.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. В нем в лаконичной форме ясно изложены основные идеи и выводы по работе, показаны определяющий вклад соискателя в проведенные исследования, высокие степени новизны и практической значимости результатов.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. На основе анализа диссертации Филиппова С.Б. «Разработка и исследование двухзаходных конических логоспиральных антенн радиотехнических систем космических аппаратов» можно сделать выводы.

1. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой

на основании выполненных автором исследований решена научная задача разработки математических моделей двухзаходных конических логоспиральных антенн для обоснования направлений повышения эффективности приемопередающих устройств космического базирования. Ее тематика соответствует пп. 1, 2 и 3 раздела «Области исследований» паспорта специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

2. Диссертация является завершенной научной работой, обладающей внутренним единством, содержит новые научные результаты, нашедшие практическое использование при проектировании, испытаниях опытных образцов и эксплуатации антенн космических аппаратов, свидетельствующие о вкладе автора в науку. Предложенные соискателем решения строго аргументированы и оценены в сравнении с известными аналогами.

3. Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Филиппов С.Б., достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Официальный оппонент:
ведущий научный сотрудник НИИИ (РЭБ)
ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Разиньков Сергей Николаевич

394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а,
тлф. 8-(473)-244-76-64, E-mail: vaiu@mil.ru

« 1 » июня 2016 года

Подпись Разинькова С.Н. заверяю

Ученый секретарь диссертационного совета ДС 215.033.06
на базе ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
кандидат технических наук

Кущев Сергей Сергеевич

« 1 » июня 2016 года