

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации Сафонова Кирилла Сергеевича на тему: «Исследование перспективных путей построения антенных систем для мобильных терминалов высокоскоростной спутниковой связи», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Необходимость совершенствования антенных систем мобильных терминалов высокоскоростной спутниковой связи обусловлена следующими факторами:

- потребностью в аппаратуре спутниковой связи с высокой скрытностью функционирования, излучающей и принимающей сверхширокополосные сигналы;
- необходимостью минимизации габаритных размеров антенных систем бортового и мобильного базирования;
- необходимостью развития отечественной элементной и технологической базы;
- потребностью в малогабаритных системах спутниковой связи, доступных по стоимости широкому кругу пользователей;
- необходимостью развития спутниковых систем управления аппаратурой гражданского и двойного назначения.

Для обеспечения надежной радиосвязи в северных широтах помимо геостационарных спутников используются космические аппараты, движущиеся по высокоорбитальным траекториям. При этом для быстрого переключения со спутника на спутник, входящий в зону видимости абонента, необходимо использовать антенные системы с электронным сканированием луча диаграммы направленности.

Созданию антенных систем с коммутационным сканированием препятствует отсутствие технологий производства относительно недорогих линз Люнеберга отечественного производства, а также – многоканальных СВЧ-коммутаторов с приемлемыми энергетическими потерями.

При разработке терминалов спутниковой связи мобильного или бортового базирования важной задачей является выбор таких технических решений, при которых достигается приемлемая стоимость серийного изделия, обеспечивающая конкурентную рыночную цену.

В связи с вышеизложенным создание методики проектирования антенной системы терминала подвижной связи является актуальной научной задачей, соответствующей паспорту специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии, а тема диссертации Сафонова К.С. «Исследование перспективных путей построения антенных систем для мобильных терминалов высокоскоростной спутниковой связи», посвященная развитию методических основ проектирования антенных систем для аппаратуры спутниковой связи, является важной как в научном, так и в прикладном отношении.

К числу основных научных результатов, полученных автором на основании

выполненных исследований, относятся:

– разработка методики проектирования печатной линзы Ротмана на основе технологии реализации симметричной полосковой линии, отличающаяся использованием полосковых симметрирующих и согласующих трансформаторов, синтезированных с учетом входных характеристик элементов фазированной антенной решетки (ФАР);

– разработка методики проектирования волноводной линзы Ротмана с ТЕМ- волной и магнитной волной типа  $H_{10}$ , позволяющей существенно снизить потери в диаграммообразующей системе ФАР и уменьшить значение шага антенной решетки, благодаря чему снижается уровень боковых лепестков при сканировании в полосе частот, соответствующей Ku- диапазону;

– разработка методики проектирования ФАР, минимизирующей ослепление решетки при широкоугольном сканировании, основанной на использовании короткозамкнутых карманов с емкостным поверхностным импедансом с глубиной более четверти и менее половины длины волны и диэлектрических пластин переменной ширины, возбуждаемых сегменто-параболическими элементами антенной решетки;

– разработка методики формирования интерполяционных «виртуальных» антенных элементов для снижения уровня боковых лепестков приемной антенной системы, включающей в себя, помимо физических элементов ФАР «виртуальные» элементы с вычисленными значениями компонент электромагнитного поля в дополнительных точках пространства ФАР;

– показана возможность неискаженного излучения сверхширокополосного импульса ФАР из сегменто-параболических антенн, где в качестве диаграммообразующей схемы выбрана линза Ротмана, построенная на основе симметричной полосковой линии.

Высокая степень обоснованности научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных автором, определяется тем, что они получены с использованием современных методов теории волновых процессов, антенн, электродинамики и вычислительных методов (в частности, метода конечного интегрирования Вейланда), а также статистической обработки радиоизмерений.

Практическая значимость результатов, полученных автором, подтверждается их реализацией в известных профильных организациях рассматриваемой предметной области.

К числу основных замечаний и недостатков работы относятся следующие.

1. Представление результатов исследований было бы более наглядным, если бы в автореферате был приведен сравнительный анализ с сопоставлением ключевых характеристик созданных антенных решеток с применяемыми на практике аналогами.

2. Экспериментальные результаты, представленные в диссертации, не всегда сопоставлены с расчетными данными, что усложняет их физический анализ.

3. Количественная оценка ряда полученных в диссертации результатов проводится с использованием статистических характеристик. Однако не ясно, как проводилось моделирование, использовался ли метод статистических испытаний Монте- Карло, оценивал ли автор устойчивость предлагаемых процедур к

возмущениям, проявляющимся в появлении аномальных измерений, возникновении погрешностей измерений систематического характера.

4. Диссертация на соискание ученой степени по техническим наукам предполагает количественную оценку эффективности предлагаемых решений и достижения цели исследований. В заключении по автореферату такие оценки отсутствуют.

Отмеченные недостатки не препятствуют вынесению высокой положительной оценки проведенных исследований.

Диссертация является завершенной научной работой, обладающей внутренним единством и прикладной значимостью, содержит новые научные результаты и практические рекомендации, свидетельствующие о личном вкладе автора в науку. Предложенные соискателем решения аргументированы, обоснованы и подтверждены экспериментальными результатами.

Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сафонов К.С., достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Согласен с включением моих персональных данных в аттестационное дело соискателя Сафонова К.С. и их дальнейшей обработкой.

Профессор кафедры «Передающих, антенно-фидерных устройств и средств СЕВ» Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации

доктор технических наук, профессор

А.П.Алёшкин

«25» марта 2024 года

197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13,  
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского.  
Телефон: +7(812) 347-97-31  
Адрес электронной почты: vka@mil.ru

Личную подпись профессора Алёшкина Андрея Петровича заверяю.

Начальник отдела кадров Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации

«26» марта 2024 года

Г.В. Плотников

