

Отзыв

на автореферат диссертации Фёдорова Сергея Михайловича
«Синтез многолучевых антенных систем с физическими и виртуальными элементами для улучшения помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Важнейшей проблемой разработки систем сотовой и спутниковой связи, радиосвязи с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), радиолокации и радионавигации является обеспечение их помехоустойчивости. Традиционные пути ее повышения на основе применения все более сложных видов модуляции сигналов и помехоустойчивого кодирования обычно сопровождается понижением скорости передачи информации. Поэтому для решения задачи повышения показателей качества функционирования (в том числе помехоустойчивости) различных радиосистем без снижения скорости передачи широко используется путь улучшения характеристик приемных и передающих антенн.

В радиоэлектронных системах УВЧ и СВЧ диапазонов различного назначения широко применяются многолучевые антенны (МЛА), которые многократно увеличивает их радиочастотный ресурс, что позволяет одновременно обслуживать большое количество абонентов. Это обеспечивается либо за счет пространственно-частотного разделения, либо за счёт пространственно-временного разделения передачи информации между лучами (за счёт быстрых скачков лучей в пространстве). При этом МЛА позволяет оптимально использовать информационную емкость системы в зависимости от текущего трафика в рабочей зоне каждого луча. В итоге достигается низкая стоимость передачи единицы информации и оптимальное (отвечающее текущему трафику) использование ресурса системы связи в зоне обслуживания.

В представленной диссертации предлагается использовать МЛА и реконфигурируемые антенные устройства на основе физических и виртуальных антенных элементов, обладающих высоким коэффициентом усиления, что позволяет добиться лучшего отношения сигнал/шум на входе приемника и повышения помехоустойчивости радиосистем. Поэтому тема диссертационной работы, посвященная синтезу МЛА с физическими и виртуальными элементами для улучшения помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры, является актуальной.

Создание МЛА для радиосистем различного назначения с повышенной помехоустойчивостью сопряжено с существенными затратами времени и материальных средств в силу необходимости выполнения ряда важных требований:

- реализация широкоугольного сканирования (в идеале – полноазимутального) пространства без существенного искажения формы каждого из сканирующих лучей;
- обеспечения высоких направленных характеристик в каждом из скани-

рующих лучей;

- процедура управления лучом сканирующей антенны нуждается в постоянно обновляющейся информации об направлении на подвижный объект, что приводит к необходимости использования помехоустойчивых алгоритмов пеленгации;

- в ряде случаев, из-за сложной конструкции линзы, существует необходимость снижения как массы линзы, так и ее стоимости производства;

- при размещении антенной системы на борту транспортных средств необходимо учесть массогабаритные ограничения;

- обеспечения длительного срока службы антенн;

Для выполнения указанных требований и достижения поставленной цели и задач в диссертационной работе получен ряд результатов, обладающих научной новизной:

- разработан и исследован метод уменьшения влияния помех путем формирования виртуальной антенной решетки, построенной путем измерения напряженности поля в местах нахождения реальных антенных элементов, и расчете на их основе значений напряженности поля, рассматриваемых как виртуальные антенные элементы, на окружности с изменяющимся в зависимости от частоты радиусом;

- разработан метод улучшения помехоустойчивости путем измерения электрической напряженности поля, испытывающей сильные искажения из-за наличия большого числа электрических рассеивателей на трассе распространения сигнала, и расчета на ее основе менее искаженной магнитной компоненты поля, которая использовалась для дальнейшей обработки сигнала;

- разработан метод создания метаматериала, способного формировать и динамически изменять отражающие поверхности сложной формы, и пригодный для построения различных СВЧ-устройств, использующих такие поверхности в своей конструкции;

- разработан метод создания диаграммообразующего устройства в виде двухуровневой структуры, разделенной проводящей стенкой с отверстиями, позволяющей строить на своей основе полноазимутальные многолучевые антенны без эффекта затенения каналов;

- разработана методика создания многолучевой антенны, состоящей из полусферической диэлектрической линзы и облучателей, различной конструкции;

- разработана методика построения рефлектора в форме усеченной сферы или параболоида вращения, отражающего одну линейную поляризацию и пропускающего ортогональную, который может быть использован для создания полноазимутальных многолучевых антенн;

- разработана методика построения многолучевой антенны с использованием металлодиэлектрической линзы с уменьшенными вертикальными размерами,

путем удлинения траектории распространения волны по телу линзы;

– разработана методика, использующая однопроводную линию передачи в качестве основе для построения антенн с веерной и тороидальной диаграммами направленности, обеспечивающий высокий коэффициент усиления в точке приема без необходимости сканирования лучом.

Достоверность основных полученных результатов определяется корректным использованием численных методов электродинамики, реализованных в специализированных программных средствах, а также стандартными методиками измерения характеристик антенн.

Апробация материалов диссертации на 37 международных и всероссийских научно-технических конференциях свидетельствуют о достаточной степени ознакомления научной общественности с результатами работы. По теме диссертации опубликовано 111 научных работ. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 71 научной работе, в том числе: 46 статей – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ по специальности 2.2.14, 19 статей - в изданиях, индексируемых в МБД Web of Science и Scopus, получено 3 патента РФ на изобретения и 3 свидетельства на государственную регистрацию программ для ЭВМ. Кроме того, соискатель является соавтором 3 монографий и 37 его работ опубликованы в сборниках трудов международных и всероссийских научно-технических Конференций.

Результаты, полученные в диссертации, внедрены в АО НПП «Автоматизированные системы связи», АО НВП «ПРОТЕК», АО «НКТБ «Феррит», АО «Электросигнал», а также в образовательный процесс ФГБОУ ВО «ВГТУ» по дисциплине «Системы подвижной радиосвязи».

К числу недостатков диссертации, судя по автореферату, можно отнести следующее:

1. Помехоустойчивость систем связи можно оценить по величине вероятности ошибки при допустимом отношении сигнал /шум на входе приемника или по величине энергетического отношения сигнал /шум на входе приемника при допустимой вероятности ошибочного приема сигналов. Однако в работе отсутствуют оценки повышения помехоустойчивости приема по вероятностному или энергетическому критерию за счет применения разработанных МЛА.

2. В 5 главе были разработаны и исследованы конструкции антенн, предназначенных для улучшения помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры различного назначения. При этом отсутствуют результаты анализа улучшения помехоустойчивости радиосистем за счет применения разработанных МЛА по сравнению с применением известных МЛА.

3. По результатам представленной докторской диссертации получено всего 3 патента РФ на изобретения, тогда как в 5 главе приведены результаты разработки 10 новых типов МЛА.

4. Из содержания автореферата непонятно, пользовался ли соискатель пакетами численного электродинамического моделирования и какими именно.

Указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов диссертации, которая является научно-квалификационной работой, где на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы разработки моделей, методов проектирования и анализа характеристик МЛА для повышения помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры, имеющей важное хозяйственное значение для развития страны. Поэтому представленная диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям (п. 9 Положения о присуждении ученых степеней), а Фёдоров Сергей Михайлович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики Северо - Кавказского федерального университета, доктор технических наук (по специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»), профессор, заслуженный работник высшей школы РФ



Пашинцев Владимир Петрович

«02» октября 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет».

Почтовый адрес: 355009 г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2, корпус 9.

Телефон: (8652) 95-65-46; +7-918-741-33-16

E-mail: info@ncfu.ru , pashintsevp@mail.ru

Официальный сайт: www.ncfu.ru

