

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Фёдорова Сергея Михайловича выполненной на тему: «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

### Актуальность темы диссертации

Уменьшение влияния помех – одна из основных задач в теории и практике систем связи, и она уже много лет находится в центре внимания множества исследований. Методы и технологии шумоподавления возникли из-за необходимости снизить уровень нежелательных шумов, присутствующих в полезном сигнале, и оказывающих негативное влияние на рабочие характеристики системы связи в целом. Одним из методов улучшения помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры является **создание новых антенных устройств**, которые являются одной из важнейших частей систем связи и других радиоэлектронных систем. Указанные выше обстоятельства делают тему диссертации, посвященной разработке и исследованию антенных устройств, состоящих из виртуальных и реальных антенных элементов и предназначенных для улучшения помехоустойчивости, актуальной.

### Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность и новизна полученных результатов не вызывают сомнений и обусловлена применением известных методов анализа и синтеза антенн. Соискателем были корректно использованы вычислительные методы технической электродинамики, методы математического моделирования, измерения характеристик и параметров антенн. Результаты расчетов и численного моделирования подтверждены результатами экспериментальных исследований.

### Новизна исследований, выполненных в рамках диссертационной работы

Существенной новизной обладают следующие результаты и положения диссертации:

– метод формирования виртуальной антенной решетки, с изменяющимся, в зависимости от частоты радиусом, позволяющий реализовать процедуру оценки угловых координат источников радиоизлучения в условиях значительных дифракционных искажений измеряемого электромагнитного поля на антенной системе;

– метод пеленгации и уменьшения влияния помех, основанных на использовании разработанной векторной антенны, и пересчете измеренного ей вектора электрической напряжённости поля в вектор магнитной напряженности;

– метод проектирования управляемого метаматериала в виде кристаллической решетки, образованной тонкими проводниками и коммутационными элементами, и способного аппроксимировать отражающие поверхности с точностью ограниченной длиной ребра ячейки метаматериала;

– метод проектирования диаграммообразующей схемы на основе проводящего листа с отверстиями, сверху и снизу которого размещались область для питания антенных элементов и портов соответственно, что **позволяет** создавать многолучевые антенны с полноазимутальным сканированием без эффекта затенения;

– методика проектирования многолучевых антенн на основе полусферической диэлектрической линзы с облучателями вокруг нее;

– методика проектирования полноазимутальной многолучевой антенны, облучатели которой размещаются по кругу внутри поляризационно-селективного зеркала;

– методика проектирования антенн с широкоугольными и полноазимутальными диаграммами направленности, построенных на основе однопроводной линии передач.

Значимость полученных в диссертации результатов для науки и практики

Научное значение работы состоит в создании методов синтеза и анализа антенных устройств, составленных из реальных антенных элементов и восстановленных отсчетов электромагнитного поля, а также в исследовании электродинамических характеристик многолучевых антенн с полноазимутальным сканированием.

Практическая ценность работы подтверждена наличием актов внедрения результатов исследования в АО НПП «Автоматизированные системы связи», АО НВП «ПРОТЕК», АО «НКТБ «Феррит», АО «Электросигнал», а также внедрением в образовательный процесс ФГБОУ ВО «ВГТУ» в дисциплину «Системы подвижной радиосвязи».

Кроме того, результаты диссертационной работы были использованы в следующих научно-исследовательских работах:

– грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-57.2020.9 «Исследование и разработка опто-управляемого метаматериала для создания многофункциональных сверхширокополосных антенных систем»;

– грант Российского научного фонда № 19-79-10109 «Аппроксимация пространственного распределения электромагнитного поля в окрестности расположения трехмерных рассеивателей с априорно неизвестными геометрией и материальными свойствами с целью формирования дополнительных "виртуальных" каналов радиоприема»;

– продленный грант Российского научного фонда № 19-79-10109-П;

– государственное задание № FZGM-2024-0003 по созданию молодежной лаборатории «Помехоустойчивых систем связи и управления наземными и воздушными беспилотными роботизированными аппаратами»;

– государственное задание № FZGM-2023-0011 «Разработка и исследование аппаратно-программного комплекса, обеспечивающего функциональность беспилотных летательных аппаратов малого радиуса действия»;

– государственное задание № FZGM-2024-0006 «Разработка и исследование принципов создания системы обнаружения беспилотных летательных аппаратов с использованием аэромобильных антенных систем».

По всем формальным признакам рассматриваемая диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ: основные результаты диссертации опубликованы в 111 работах, из них 46 – в изданиях, рекомендованных ВАК; 19 публикаций в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus; 37 работ опубликовано в сборниках трудов международных и всероссийских научно-технических конференций; издано 3 монографии, получено 3 патента РФ на изобретение.

### Замечания по автореферату

1. В параграфе 2.4 подробно не описаны параметры процедуры отбрасывания искаженных сигналов с элементов антенной решетки. По какому конкретно критерию это происходило?

2. В автореферате не упоминаются результаты исследования влияния погрешностей изготовления, разработанных антенных устройств, а также влияния вариации параметров диэлектриков, на их характеристики.

Вышеназванные замечания не снижают высокой научной и практической ценности диссертации. Диссертационная работа Фёдорова Сергея Михайловича по теме: «Синтез многолучевых антенных систем с физическими и виртуальными элементами для улучшения помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры» является завершённой научно-квалификационной работой и в полной мере удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 2.2.14 - Антенны, СВЧ-устройства и их технологии, а ее автор, Фёдоров Сергей Михайлович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Заместитель генерального директора,  
по научной работе, доктор  
технических наук, профессор

Геча Владимир Яковлевич

Главный конструктор антенно-  
фидерных устройств космических  
аппаратов, доктор технических наук  
(т. 8 (917) 511-00-17, [ssbant@mail.ru](mailto:ssbant@mail.ru))

Федотов Александр Юрьевич

Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»), 107078, РФ, г. Москва, Хоромный тупик, дом 4, строение 1.

Телефон: (495) 366-11-48, e-mail: [martynova@mcc.vniiem.ru](mailto:martynova@mcc.vniiem.ru).

28 августа 2025 г.