

## 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

Настоятельная необходимость в повышении помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры различного назначения (систем связи с подвижными объектами, спутниковой связи, радионавигации, радиолокации и т.д.), не вызывает сомнений, т.к. восприимчивость к помехам является одним из главных ограничивающих факторов для дальнейшего роста характеристик радиоустройств. Поэтому тема диссертационной работы Фёдорова С.М., относящаяся к разработке методов повышения помехоустойчивости с помощью использования антенных систем из виртуальных и реальных элементов, является **актуальной**.

В работе рассмотрены различные конструкции многолучевых антенн с полноазимутальным сканированием, метод аппроксимации электромагнитного поля с целью уменьшения его искажений, а также конструкции векторных антенных элементов для борьбы с негативными воздействиями на электрическое поле.

Целью работы поставлена разработка моделей, методик проектирования и исследование антенных устройств для улучшения помехоустойчивости радиоэлектронной аппаратуры.

Разработанный метод аппроксимации поля включал в себя процедуру адаптивного изменения радиуса расположения полученных отсчётов поля, а также замену сильно искаженных измеренных отсчётов поля, используемых в качестве исходных данных, на аппроксимированные.

Также, для борьбы с искажениями электрического поля предложено измерять его пространственные компоненты с помощью векторных антенн, а

затем пересчитывать значения магнитного поля с помощью второго уравнения Максвелла. Показано, что данный подход позволяет уменьшить влияние искажения структуры поля, и повысить точности пеленгации.

В процессе достижения поставленной цели в диссертационной работе получены следующие **новые научные** результаты:

- Разработана метод формирования виртуальной антенной решетки с изменяемым радиусом, предназначенный для уменьшения влияния рассеивателей, расположенных в непосредственной близости к антенной решетке;

- разработана метод борьбы с искажениями поля, основанный на использовании векторной антенны, и пересчете измеренной ей сильно искаженной электрической компоненты поля в менее искаженную магнитную;

- разработан метод построения управляемого метаматериала, служащего базовым элементов для построения антенных устройств, содержащих отражающие поверхности с динамически изменяемой геометрией;

- разработана двухуровневая линза с перфорированной стенкой, выступающая в роли диаграммообразующей схемы в многолучевых антеннах с полноазимутальным сканированием;

- разработана методика построения рефлектора, отражающего только определенную поляризацию, и позволяющего строить полноазимутальные многолучевые антенны на своей основе;

- разработана методика создания многолучевой антенны на основе, однородной или с градиентом коэффициента преломления, диэлектрической линзы полусферической формы, вокруг которой размещалась система облучателей;

- разработана методика построения антенн с веерной и тороидальной диаграммами направленности, конструкция которых основана на однопроводной линии передачи.

**Достоверность** полученных результатов обусловлена применением

известных методов синтеза и анализа антенных устройств, а также корректным использованием методов математического моделирования и вычислительных методов технической электродинамики. Полученные результаты не противоречат фундаментальным законам физики, теории и техники антенн, электродинамики, а также ранее описанным в литературе исследованиям других авторов.

**Практическая значимость** работы состоит в исследовании электродинамических характеристик многолучевых антенных устройств с возможностью полноазимутального сканирования. Разработке методов уменьшения влияния помех и искажений электромагнитного поля, позволяющих, в том числе, увеличить точность определения направления на источник радиоизлучения, что может быть использовано для управления диаграммой направленности антенны с целью удержания подвижного объекта в луче.

Изложение результатов проведенного исследования в автореферате не свободно от **недостатков**. Отметим следующие.

1. В описании параграфов 2.1-2.4 не указано, как именно физически реализованы исследуемые круговые антенные решетки.
2. В автореферате не приведен сравнительный анализ электродинамических характеристик, разработанных многолучевых антенных систем.
3. В автореферате не указано, как при разработке упрощенной модели управляемого метаматериала в виде электромагнитного кристалла моделировалась схема питания коммутирующих элементов.
4. На стр. 8 автореферата второе положение, выносимое на защиту гласит «метод пеленгации и необходимая для его реализации конструкция векторной антенны, основанный на вычислении компонент магнитной поля с использованием измеренных пространственных отсчетов электрического поля, чем достигается существенное уменьшение негативного влияния близлежащих рассеивателей и повышение точности оценки угловых координат ИРИ». Но если компоненты магнитного поля рассчитываются по электрическим (подверженным

внешних воздействий), то почему они менее подвержены таким влияниям? Необходимы пояснения.

5. В разделе степень достоверности не указано насколько экспериментальные данные подтверждают справедливость теоретических результатов. Все перечисленное в приведенном в нем тексте является необходимым, но недостаточным условием достоверности (ведь только практика является критерием истины).

6. На стр. 15 на рис.4 приведены модели носителей, уменьшенные в 6.5 раза, при этом не указано использовался ли при этих исследованиях принцип моделирования (увеличена ли частота сигнала во столько же раз)?

7. В автореферате не указано, как при разработке упрощенной модели управляемого метаматериала в виде электромагнитного кристалла моделировалась схема питания коммутирующих элементов.

8. Требуют пояснения и вопросы, связанные с уточнением пеленга за счет использования фиктивных источников. Например, как используя фиктивные источники, полученные в результате измерений электрического поля (подверженного по словам автора, помехам), удастся увеличить точность пеленга ИИ. Из автореферата это трудно понять.

Отмеченные недостатки, хотя и относятся к вопросам, требующим ответа при оценке любой методики проектирования сложных технических систем, не затрагивают существа проведенного исследования, не снижают общего положительного впечатления о полученных в диссертации результатах. К тому же возможно часть вопросов возникло из-за ограниченности объема автореферата, и присуще только автореферату.

Содержание автореферата и материалы публикаций автора достаточно полно отражают основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Тематика проведенного исследования соответствует паспорту специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ - устройства и их технологии.

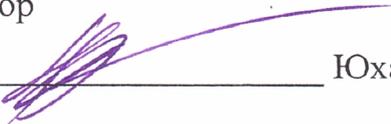
Имеются акты внедрения основных результатов исследования в научно-

производственное предприятие «АО НПП «Автоматизированные системы связи», АО НВП «ПРОТЕК», АО «НКТБ «Феррит», АО «Электросигнал», и в ФГБОУ ВО «ВГТУ».

Судя по автореферату, диссертация Фёдорова С.М. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для разработки радиоэлектронной аппаратуры с улучшенной помехоустойчивостью.

Диссертация соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Фёдоров Сергей Михайлович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Заведующий кафедрой антенн и радиопередающих устройств института радиотехнических систем и управления Южного Федерального университета, д.т.н., профессор

  
Юханов Юрий Владимирович

Адрес: 347922, ЮФО, Ростовская область, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, корпус "Г"

Тел.: +7(8634) 37-17-33

e-mail: yvyuhanov@sfnedu.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Личную подпись Юханова Ю.В.

ЗАВЕРЕНО:

Главный специалист по упр.

О. А. Белоусова

« 29 » 09

