

Отзыв

официального оппонента доктора физ. мат. наук Олега Станиславовича Литвинова на диссертационную работу Сергея Петровича Скобелева "Фазированные антенные решётки с секторными парциальными диаграммами направленности", представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии

1. Актуальность темы

Разработка теории фазированных антенных решёток (ФАР) является одним из важнейших направлений развития теории и практики антенной техники СВЧ и КВЧ диапазонов. В настоящее время ФАР, обладающие в ряде случаев меньшими габаритами по сравнению с зеркальными антеннами, обеспечивают большие функциональные способности и потенциал систем связи, радиолокации и радиоастрономии. Разрабатываемая в диссертации теория ФАР с секторными диаграммами направленности (ДН) безусловно является актуальной поскольку антенны такого рода широко используются в качестве облучателей зеркальных антенн, при создании антенных систем с узким лучом и низким уровнем боковых лепестков (УБЛ) ДН, в антенных устройствах с контурной ДН (в том числе многосвязанной), а также в других специальных приложениях в оборонной области. Оптимизация конструкции ФАР представляет одну из кардинальных проблем развиваемой в диссертации теории, поскольку сами ФАР представляют собой сложные, дорогостоящие устройства излучения электромагнитных волн (ЭМВ), состоящие из большого числа управляемых элементов (в некоторых случаях порядка десятка и сотен тысяч). На пути решения проблемы оптимизации конструкции ФАР с секторными ДН стоят следующие задачи:

- 1) Определение и исследование класса излучателей/приёмных элементов ФАР, при которых достигается требуемые коэффициент усиления антенны (КУ), угловой сектор сканирования и широкополосность;
- 2) Определение и исследование способов объединения излучателей/приёмных элементов ФАР в подрешётки, а также способов их возбуждения;
- 3) Разработка адекватных математических моделей и методов оптимизации характеристик исследуемых ФАР для расчёта их характеристик.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации

В диссертации С.П. Скобелева использованы известные положения теории дифракции электромагнитных волн, методы технической электродинамики, теории СВЧ цепей и антенных решеток, элементы теории функций комплексного переменного, методы линейной алгебры, стандартные методы натуральных экспериментальных измерений характеристик СВЧ антенн. Основные научные положения, выводы и рекомендации имеют достаточное теоретическое обоснование.

3. Достоверность и апробация результатов диссертации

Разработанные С.П. Скобелевым методы электродинамического анализа и синтеза ФАР базируются на известных положениях и принципах технической электродинамики, в частности, теории дифракции электромагнитных волн, а также достижениях в области антенных решеток, математического моделирования и оптимизационных алгоритмов. Достоверность полученных результатов подтверждена корректностью разработанных электродинамических моделей, их адекватностью по известным критериям оценки волновых процессов в открытых и закрытых электродинамических структурах, совпадением теоретических результатов с данными экспериментального исследования и результатами апробации созданных экспериментальных конструкций ФАР, а также результатами исследований других авторов.

Основные результаты диссертации С.П. Скобелева полностью опубликованы и содержатся в 88 научных работах. Они неоднократно обсуждались на 10 отечественных и 22 международных конференциях и семинарах. Работы С.П. Скобелева получили одобрение ведущих специалистов, что и свидетельствует о достаточной апробации его диссертационных исследований.

4. Ценность для науки и практики результатов диссертации

Научная и практическая ценность результатов диссертации С.П. Скобелева состоит в их использовании при выполнении ряда госбюджетных НИР: “Багор” (ФАР с ребристыми структурами); “Лама” (волноволновые ФАР с выступающими диэлектрическими элементами) и “Моренос” (ФАР с ребристо–стержневыми элементами), проводимых в ОАО “Радиофизика”. По результатам диссертационной работы получено 7 авторских свидетельств.

5. Оценка содержания и оформления работы и автореферата

Диссертационная работа С.П. Скобелева состоит из введения, шести глав и заключения, изложенных на 349 страницах, включающих восемь приложений, 120 рисунков и список литературы.

Во введении приводится обзор книг и статей по рассматриваемой проблеме построения ФАР с секторными ДН.

В первой главе диссертации рассматриваются основные фундаментальные свойства и соотношения теории ФАР. Особое внимание в этой главе уделяется свойствам контурных ДН, в частности, указывается ортогональность контурных ДН, соответствующих различным элементам решётки.

Вторая глава посвящена развитию схемного метода формирования перекрывающихся подрешеток с секторными ДН. Хочется отметить исследование новой **шахматной** схемы размещения подрешёток, предложенной диссертантом.

В третьей главе исследуются двумерные модели связанных двухмодовых волноводов, возбуждаемых первыми чётной и нечётной модами. Приводится положительный результат проверки проведенных расчётов с измерениями на экспериментальной линейной решётке прямоугольных волноводов, связанных через щели в узких стенках.

Четвёртая глава диссертации отводится для анализа решёток с реактивными нагрузками в виде короткозамыкателей, образующих модулированные ребристые структуры. Отмечается, что разработанный метод анализа является весьма привлекательным при разработке ФАР простой конструкции с малым продольным размером.

В пятой главе развиваются методы исследования решёток волноводов с выступающими диэлектрическими элементами. Предлагается использовать частичное заполнение верхних секций и ступенчатые переходы между верхними секциями и нижними для обеспечения согласования между ними. Расчёт решёток волноводов с выступающими диэлектрическими элементами проводится на основе проекционного сшивания представлений волноводных мод в верхних и нижних секциях.

В шестой главе диссертации анализируются решётки, составленные из элементов продольного излучения. Разработана математическая модель плоских решёток круглых волноводов с многослойными дисковыми

структурами, исследованная теоретически и экспериментально. Для расчёта используется метод Галёркина с использованием векторных базисных и весовых функций. К достоинству математических моделей, разработанных диссертантом следует отнести то, что они не только существенно могут сэкономить требующиеся временные и вычислительные ресурсы, обеспечить благоприятные условия для работы оптимизационных методов, но и значительно расширить класс ФАР с секторными ДН за счет использования адекватных математических моделей.

На основании сказанного, можно констатировать, что материал диссертации изложен логически последовательно, богато иллюстрирован, содержит ясно сформулированные выводы и рекомендации. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям Министерства образования и науки Российской Федерации.

В диссертации получены следующие **новые научные результаты**:

1) В рамках схемного метода предложена и теоретически исследована новая многокаскадная “шахматная” схема формирования перекрывающихся подрешёток с секторными ДН;

2) Предложен новый метод формирования секторных ДН элемента на основе решёток двухмодовых волноводов с простыми щелевыми связями;

3) Предложен метод формирования секторных ДН на основе пассивно реактивно нагруженных излучателей в виде ребристых структур в раскрыте решётки;

4) Предложен новый метод формирования секторных ДН на основе ребристых стержневых элементов и их двумерных аналогов;

5) Предложен новый метод формирования секторных ДН в одной плоскости с одновременным широкоугольным сканированием в другой плоскости при использовании директорных элементов.

6) Разработаны новые гибридные проекционные методы численного анализа волноводных ФАР с выступающими диэлектрическими элементами, реализованными на основе Фортран программ для расчёта элементов формирования секторных и контурных ДН.

Предложенные методы и электродинамические модели в диссертации С.П. Скобелева характеризуются относительно низкими потребностями в ресурсах вычислительной техники и временными затратами на анализ и

синтез излучающих элементов, формирующих секторные ДН. Это в совокупности с приемлемой для практики точностью позволяет уверенно говорить о том, что С.П. Скобелев успешно решил поставленную перед собой научную проблему, имеющую важное значение для теории и техники антенн.

6. Замечания по диссертации и автореферату

На основе анализа материалов диссертации и автореферата выявлены следующие недостатки:

1) в приводимых в диссертации П.С. Скобелева методах решения задач синтеза секторных ДН, на мой взгляд, не акцентируется внимание на факт “некорректности” этих задач. Так, в тексте диссертации нет анализа обусловленности матриц систем уравнений и контроля нормы искомого их решения;

2) заявляемое в тексте диссертации определение “идеальной” секторной ДН, на мой взгляд, не является полным с практической точки зрения. В самом деле, в определении отсутствует такой важный параметр секторной ДН как крутизна её скатов, находящаяся в связи с амплитудой осцилляций плоской части этой ДН;

3) в приведенных результатах синтеза секторной ДН нет указания на среднеквадратичное отклонения синтезированной ДН от идеальной секторной ДН. Это затрудняет объективную оценку качества решения поставленной задачи синтеза и сравнения его с известными результатами;

4) в тексте автореферата и диссертации (в автореферате на стр. 19 формула 7, а в диссертации на стр. 188 формула 4.37) указывается на поиск минимума целевой функции в зависимости от положения короткозамыкателей, в то время как в формуле (7)/(4.37) указана целевая функция в виде отношения максимума и минимума одной и той же функции, определённой в разных угловых областях. Не понятно – 1) доказана ли теорема о существовании решения сформулированной оптимизационной задачи и 2) единственно ли разыскиваемое решение.

5) В процитированных работах в диссертации отсутствует ссылка на работы Останкова А.В., в которых рассматриваются вопросы синтеза дифракционных антенн, в ряде случаев близкие по конструкции к исследуемым С.П. Скобелевым.

Указанные выше замечания не снижают общей положительной оценки диссертации.

7. Заключение

Диссертация С.П. Скобелева представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую критериям, указанным в "Положении о порядке присуждения ученых степеней" ВАК РФ.

В диссертации на основании самостоятельно выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное научное и практическое значение – теория фазированных антенных решёток с секторными парциальными диаграммами направленности.

Считаю, что с учетом имеющейся научной новизны результатов и положений, выдвигаемых для защиты, их обоснованности, достоверности и практической значимости результатов Сергей Петрович Скобелев заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук,

профессор каф. "Физика" МГТУ им. Н.Э. Баумана  О.С. Литвинов

Подпись О.С. Литвинов заверяю
Начальник управления кадров
МГТУ им. Н.Э. Баумана



ФИО: Литвинов Олег Станиславович

Должность: Профессор кафедры "Физика" факультета "Фундаментальные науки"

Организация: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

E-mail: olegstlitvinov17@gmail.com