

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ОАО МРБ «Компас»

М.Д. Сафин

«17» мая 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Клионовски Кирилла Константиновича на тему «Излучение слабонаправленных осесимметричных антенн с круглыми экранами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

В современных системах радиосвязи и радионавигации используются антенны, обладающие широкой диаграммой направленности в верхней полусфере и обеспечивающие низкий уровень излучения в нижнюю полусферу. В большинстве практических случаев используются слабонаправленные излучатели с круглым экраном. В качестве экранов используются металлические, импедансные, в том числе гофрированные, диски с емкостным импедансом, диски из непрозрачного и полупрозрачного радиопоглощающего материала. Несмотря на большое количество публикаций, посвященных исследованию слабонаправленных антенн с импедансными и полупрозрачными экранами, задача оптимизации параметров этих антенн не решена. Это во многом связано с отсутствием быстрых и эффективных методик анализа и синтеза таких структур. В диссертационной работе решается задача создания такой методики для анализа и оптимизации характеристик излучения широкого класса слабонаправленных антенн с экранами, которая затем используется для рассмотрения конкретных примеров. Все это свидетельствует о несомненной актуальности работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка литературы из 124 наименований. Общий объем диссертации – 96 страниц, включая 72 рисунка.

Во введении приводится краткая характеристика диссертационной работы, обоснована актуальность темы, поставлены основные задачи исследования, сформулированы положения, а также кратко изложено содержание разделов диссертации.

В первом разделе приводится обзор асимптотических методов, используемых для решения задач рассеяния электромагнитных волн на телах с ребрами. К этим методам относят физическую оптику, геометрическую теорию дифракции, равномерную геометрическую теорию дифракции, равномерную асимптотическую теорию дифракции, спектральную теорию дифракции, а также физическую теорию дифракции. Далее с использованием различных методов исследуется рассеяние поля цилиндрической волны на идеально проводящей полушоскости и ленте. Приводятся асимптотические формулы для расчета диаграммы рассеяния в приближении физической оптики, физической теории дифракции, равномерной геометрической теории дифракции и равномерной асимптотической теории дифракции. Результаты расчета по данным формулам сопоставлены с результатами, полученными путем численного решения интегрального уравнения методом моментов. Приводятся графики диаграмм рассеяния цилиндрической волны на идеально проводящей ленте, построенные по асимптотическим формулам, в сравнении с диаграммами, полученными путем численного решения интегрального уравнения и численным интегрированием интеграла Кирхгофа. На основании полученных результатов делается вывод об эквивалентности методов физической теории дифракции, равномерной геометрической теории дифракции и равномерной асимптотической теории дифракции с точки зрения достигнутой точности. В результате для дальнейшего анализа антенн с металлическими экранами в качестве основного выбирается метод

физической теории дифракции как наиболее удобный для рассмотрения трехмерных задач. Для анализа антенн с полупрозрачными экранами в качестве основного выбирается метод Кирхгофа.

Во втором разделе получены асимптотические формулы для расчета диаграммы рассеяния тороидальной векторной волны общего вида на идеально проводящем и полупрозрачном диске, в предположении, что ось кольцевого источника тороидальной волны совпадает с осью диска. Асимптотические выражения для рассеянного поля определяются отдельно для углов вблизи и вдали от оси диска. Для оценки точности, которую обеспечивают асимптотические формулы, соответствующие результаты сравниваются с результатами, полученными путем численного решения интегрального уравнения для задачи рассеяния поля источника тороидальной волны на полупрозрачном диске методом моментов. Далее различными методами исследовано рассеяние тороидальной и сферической векторной волны на идеально проводящем и полупрозрачном диске. Диаграммы направленности рассеянного поля, найденные по асимптотическим формулам, сопоставлены с соответствующими результатами, имеющимися в литературе и результатами, полученными путем численного решения интегрального уравнения. Сравнение результатов расчетов по асимптотическим формулам с соответствующими результатами, полученными при численном решении интегрального уравнения методом моментов, показало, что при радиусе источника меньше радиуса диска асимптотические формулы позволяют рассчитать рассеянное поле во всем секторе углов наблюдения, как для металлических, так и для полупрозрачных экранов.

В третьем разделе развитая асимптотическая теория применяется для исследования и оптимизации диаграмм направленности слабонаправленных осесимметричных антенн с экранами различного типа. В качестве примеров рассматриваются: рамочная антенна, монополь, открытый конец круглого

волновода и печатная антенна. Получены асимптотические формулы для диаграммы направленности указанных антенн с металлическим и полупрозрачным экранами. По этим формулам проведены расчеты, которые сопоставлены с численными результатами, найденными с использованием методов моментов и конечных элементов. Получены асимптотические формулы для коэффициента обратного излучения рамочной и печатной антенн с металлическими экранами. В качестве примера оптимизации с использованием асимптотических формул проведена оптимизация закона распределения прозрачности экранов различного типа для уменьшения обратного излучения печатной антенны. Результаты оптимизации показали, что значительное уменьшение обратного излучения возможно в случае изотропного резистивного и анизотропного индуктивного импеданса.

В четвертом разделе проведены экспериментальные исследования печатной антенны с металлическим и полупрозрачным экраном с изотропным резистивным и анизотропным индуктивным импедансом. Экспериментальные диаграммы направленности сопоставлены с численными результатами для печатной антенны с металлическим экраном, а также с полупрозрачным экраном с изотропным резистивным и анизотропным индуктивным импедансом. Показано, что относительная погрешность расчетных данных по сравнению с экспериментальными не превосходит 2 дБ. Экспериментально показано, что при радиусе диска $R=0.8\lambda$ увеличение коэффициента обратного излучения полупрозрачного экрана с распределением анизотропного индуктивного импеданса по сравнению с металлическим составляет 22 дБ.

В заключении приведены основные результаты работы, а также проанализированы пути дальнейшего развития и уточнения этих результатов.

Результаты исследований, проведенных Клионовски К.К., представляют несомненный теоретический и практический интерес. Полученные в диссертации материалы рекомендуются к использованию в

организациях, занимающихся проектированием антенн для систем радиосвязи и радионавигации, в частности, систем ГЛОНАСС и GPS.

Вместе с тем по диссертации можно высказать ряд замечаний:

1. Недостаточно внимания уделено модели полупрозрачного экрана, использующей двусторонние импедансные граничные условия. Для ряда известных полупрозрачных структур они имеют вид, отличающийся от использованного в работе (см. Конторович М.И., Астрахан М.И., Акимов В.П., Ферсман Г.А. Электродинамика сетчатых структур. М.: Радио и связь. 1987.)

2. В работе недостаточно обсуждается физическая и технологическая реализуемость синтезируемых полупрозрачных резистивных и реактивных экранов.

3. В разделе, посвященном печатной антенне, расположенной на экранах разных видов, не рассмотрен важный вопрос о влиянии на коэффициент обратного излучения параметров антенны.

4. В тексте диссертации и автореферата часто встречается термин "пэтч-антенна". Лучше использовать принятый в русскоязычной литературе термин печатная антенна или англоязычный термин patch антенна.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не влияют на достоверность и значимость полученных результатов и выводов. Основные результаты диссертации – опубликованы. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация К. К. Клионовски является законченной научной работой, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – «Радиофизика» и 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Отзыв обсужден на заседании отдела ОР-2 ОАО МКБ «Компас» 14 мая
2015 г.

Начальник отдела ОР-2

к.т.н.



Давыдов Александр Георгиевич

14.5.2015 г.

Специальность: 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

ОАО МКБ «Компас»

Адрес: 115184, Москва, ул. Большая Татарская, д.35, стр.5

Тел.: (495) 953-03-21

E-mail: office@mdbcompass.ru