

## ОТЗЫВ

официального оппонента 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.

Слабонаправленные осесимметричные антенны с круглыми экранами широко используются в системах радиосвязи и радионавигации для уменьшения приема сигналов из нижней полусферы, в частности, для уменьшения эффекта многолучевого приема сигналов. Для эффективного экранирования применяют различные типы экранов – металлические, импедансные экраны, экраны из радиопоглощающего материала и полупрозрачные экраны. В литературе имеется большое количество публикаций, касающихся исследования слабонаправленных антенн с круглыми металлическими, импедансными и полупрозрачными экранами, в которых приведены результаты экспериментального и численного исследования. Однако, эффективной методики анализа и оптимизации параметров таких экранов для уменьшения обратного излучения антенн в литературе не приведено. Диссертационная работа Клионовски К.К. посвящена созданию такой методики и решению задачи оптимизации параметров экрана, что позволяет считать работу актуальной.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность проводимых исследований, сформулирована цель, научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы. Приведены положения, выносимые на защиту.

В первом разделе произведен обзор асимптотических методов, таких как физическая оптика, геометрическая теория дифракции, равномерная геометрическая теория дифракции, равномерная асимптотическая теория дифракции, спектральная теория дифракции, а также физическая теория дифракции. В приближении физической оптики, физической теории дифракции, равномерной геометрической теории дифракции и равномерной асимптотической теории дифракции получены асимптотические формулы для расчета диаграммы рассеяния цилиндрической волны на идеально проводящей полуплоскости и ленте. Результаты, полученные по асимптотическим формулам, сравниваются с результатами, полученными путем численного решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода методом моментов. На основании данного сравнения делается вывод об асимптотической эквивалентности методов физической теории дифракции, равномерной геометрической теории дифракции и равномерной асимптотической теории дифракции, а также делается вывод о целесообразности использования метода физической теории дифракции и физической оптики для исследования круглых металлических и полупрозрачных экранов.

Во втором разделе получены асимптотические формулы для расчета диаграммы рассеяния тороидальной векторной волны с гармонической азимутальной зависимостью

на идеально проводящем и полупрозрачном диске. Предполагается, что ось источника тороидальной волны совпадает с осью диска. Асимптотические формулы определяют диаграмму рассеяния отдельно для углов вблизи и вдали от оси диска. Как показано в разделе, кривые, построенные по асимптотическим формулам вблизи и вдали от оси, согласуются и позволяют рассчитать рассеянное поле во всем секторе углов наблюдения как для металлических, так и для полупрозрачных экранов. Численные результаты, полученные с использованием асимптотических формул, сравниваются с результатами, полученными путем численного решения интегрального уравнения Фредгольма второго рода для задачи рассеяния поля источника тороидальной волны на полупрозрачном диске методом моментов. Приводятся результаты расчета диаграмм рассеяния тороидальной и сферической векторной волны на идеально проводящем и полупрозрачном диске, которые сопоставлены с соответствующими результатами, имеющимися в литературе.

В третьем разделе исследуются диаграммы направленности слабонаправленных осесимметричных антенн, таких как рамочная антенна, монополь, открытый конец круглого волновода и пэтч-антенна, с экранами. Получены асимптотические формулы для диаграммы направленности указанных типов слабонаправленных антенн с металлическим и полупрозрачным экранами. Получены асимптотические формулы для коэффициента обратного излучения рамочной и пэтч-антенн с металлическим экраном. Приведены результаты расчета диаграмм направленности, построенные по асимптотическим формулам и с использованием методов моментов и метода конечных элементов. С использованием асимптотических формул оптимизирована прозрачность экрана для уменьшения обратного излучения пэтч-антенны. Как показали результаты оптимизации, значительное уменьшение обратного излучения возможно в случае изотропного резистивного и анизотропного индуктивного импеданса экрана.

В четвертом разделе приведены результаты численных и физических экспериментальных исследований пэтч-антенны с металлическим и полупрозрачным экраном с изотропным резистивным и анизотропным индуктивным импедансом. Относительная погрешность расчетных данных по сравнению с экспериментальными не превосходит 2 дБ. Результаты физического эксперимента показали, что при радиусе диска  $R=0.8\lambda$  увеличение коэффициента обратного излучения антенны с полупрозрачным экраном с распределением анизотропного индуктивного импеданса по сравнению с металлическим составляет 22 дБ.

Перечисленные выше результаты исследований, проведенных Клионовски К.К., получены впервые и представляют теоретический и практический интерес.

Замечания по диссертации, которые можно отметить, следующие:

1. Во введении автор пишет, что «гофрированные экраны наиболее эффективны в случае, когда глубина гофра равна четверти длины волны излучения». Это утверждение, вообще говоря, неверно, т.к. экраны с такой глубиной канавок эффективны лишь в предельно узкой полосе частот (см. Справочник по антенной технике. Т.1. Под ред. Я.Н.Фельда, Е.Г.Зелкина).

2. В диссертации отсутствуют результаты исследований антенн с экранами в виде гофрированного диска, широко используемых на практике. Было бы интересно в разделе 4

сравнить экспериментальные диаграммы направленности пэтч-антенны с металлическим и полупрозрачным диском с известными из литературы результатами для пэтч-антенны с гофрированным экраном.

3. В разделе 2 диссертации исследована точность, которую обеспечивают асимптотические формулы при решении задачи рассеяния тороидальной волны на идеально проводящем диске. Наряду с этим, целесообразно исследовать зависимость точности, которую обеспечивают асимптотические формулы при решении задачи рассеяния на полупрозрачном диске, от скорости изменения коэффициента прозрачности по поверхности экрана, что не произведено во 2-м разделе.

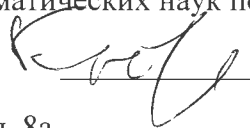
4. Текст диссертации не свободен от опечаток. Например, в формуле (2.10) в аргумент функций введена переменная, которая не имеет отношения к формуле.

Указанные недостатки не имеют решающего значения и, несомненно, не ставят под сомнение основные результаты диссертационной работы. Оценивая диссертацию в целом, следует отметить высокий научный уровень выполнения представленной работы и большой объем новых научных результатов. Автореферат и публикации автора правильно и в полной мере отражают содержание диссертации.

По степени завершенности исследований, актуальности темы диссертации, новизне и степени обоснованности научных положений, диссертационная работа Клионовски К.К. соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – Радиофизика и 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Заведующий кафедрой теории вероятностей и прикладной математики общетехнического факультета 1 ФГОБУ ВПО Московского технического университета связи и информатики, доктор физико-математических наук по специальности радиофизика,

профессор

 Кюркчан Александр Гаврилович

Адрес: 111024, Авиамоторная ул., д. 8а

Тел.: 8 (499) 192-84-75

e-mail: [agkmtuci@yandex.ru](mailto:agkmtuci@yandex.ru)

—