

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора
Крюковского Андрея Сергеевича
на диссертацию **Весника Михаила Владимировича**
«Построение новых эвристических решений в задачах дифракции
электромагнитных волн и их применение для анализа рассеяния на телах
сложной формы»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 01.04.03 «Радиофизика»

Диссертационная работа **Михаила Владимировича Весника** посвящена развитию приближенных методов решения задач рассеяния и дифракции электромагнитных волн на телах с кромками. Целью диссертации являлась разработка подходов к построению эвристических аналитических формул, а также непосредственное получение эвристических формул, обладающих приемлемой точностью, быстродействием и позволяющих решать прямые и обратные задачи дифракции.

1. Актуальность темы диссертации

Разработка новых алгоритмов решения задач рассеяния и дифракции электромагнитных волн, несмотря на вековую историю, до сих пор является *актуальной* проблемой в связи с необходимостью расчета эффективной поверхности рассеяния воздушных, космических, сухопутных и морских радиолокационных объектов, разработки и создания новой антенной техники, изучения рассеяния радиоволн на объектах городской застройки и распространения радиосигналов внутри помещений, изучения дифракции электромагнитных волн на кристаллах и т.д.

К сожалению, аналитические решения задач теории дифракции немногочисленны и, по-видимому, список задач, которые допускают строгие решения, исчерпан. В этой связи важную роль играют приближенные методы, среди которых следует выделить в первую очередь асимптотические методы: интегральные (метод физической оптики (ФО) и метод физической теории дифракции (ФТД)) и лучевые (метод геометрической оптики (ГО) и метод геометрической теории дифракции (ГТД)). Именно при построении ГТД Б.Е. Кинбер и В.А. Боровиков¹ вслед за Дж. Келлером² активно развивали эвристический подход к построению асимптотических решений, основанный на физическом понимании задачи и на интуиции.

Автор диссертационной работы развивает это направление, предлагая во многом своё понимание понятия «эвристическое решение», включая в него требование компактности, возможность коррекции с целью уточнения,

¹ Боровиков В.А., Кинбер Б.Е. Геометрическая теория дифракции. М.: Связь, 1978. 248 с.

² Keller J.V. Geometrical theory of diffraction.// J. of the Optical Society of America. 1962. V.52. № 2. P.116–130.

«настройки», некоторый анализ точности, а также верификацию при помощи численных решений, или строгих аналитических решений, а также при помощи результатов эксперимента.

В настоящее время существует тенденция решать задачи дифракции численными методами, а в отдельных случаях применять гибридные подходы. Однако это не делает разработку приближенных подходов менее актуальной, поскольку анализ параметров решения, представленного в виде конечных выражений, много эффективнее многочисленных численных экспериментов. Тем более что существует проблема ограниченности ресурсов компьютеров, не позволяющая получать решения задач дифракции на рассеивателях больших размеров. Поэтому, несмотря на развитие компьютерной техники и успехи в области численных методов, создание новых эвристических решений открывает дополнительные возможности.

Тема диссертации соответствует специальности.

2. Содержание работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, десяти приложений, заключения и списка литературы. Основные результаты работы изложены во введении и в заключении.

Материал диссертационной работы изложен на 252 страницах, включающих 46 рисунков и библиографию из 182 наименований.

Во введении обоснована актуальность диссертации. Сформулированы: объект исследования, предмет исследования, цель исследования и решаемые задачи. Кратко изложено содержание работы. Определены методы исследования, научная новизна, практическая значимость полученных результатов, их обоснованность и достоверность, основные положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, а также приведены данные о структуре и объеме диссертационной работы и публикациях автора. Также автор привел в виде предисловия обзор некоторых методов, связанных с диссертационной работой, и указал на некоторые из работ, в которых эти методы сформулированы.

В первой главе развит метод конформных отображений применительно к задаче о дифракции электромагнитной волны на идеально проводящем полубесконечном клине в случае, когда освещена одна из граней клина. Этот метод назван в диссертации методом обобщенного эйконала, хотя в литературе понятие «обобщенный эйконал» встречается довольно часто в другом контексте. Построено решение в интегральной форме и показано, что полученное интегральное представление совпадает с известными решениями.

Во второй главе при помощи теории конформных отображений разработан метод (метод обобщенного эйконала по терминологии автора) и получено решение для задачи дифракции плоской волны на идеально проводящей полупластине с конечной толщиной и усеченном клине в случае, когда освещена одна из граней. Выполнено сравнение с результатами, полученными методом последовательных дифракций.

В третьей главе рассмотрено применение метода, разработанного автором, при решении задач о дифракции при нормальном и наклонном падении волны на полубесконечную кромку. Автором предложен способ применения двумерных решений в трехмерных задачах без интегрирования по элементарным полоскам для случая, когда известно аналитическое решение на прямолинейных участках направляющей двумерного рассеивателя. Проанализировано решение задачи дифракции плоской электромагнитной волны на плоском многоугольном рассеивателе в приближении физической оптики. Элементы этого решения играют важную роль при построении автором диссертации эвристических решений трехмерных задач. Похожие результаты получены в рамках метода ФТД в работах Буторина Д.И., Мартынова Н.А. и Уфимцева П.Я.³

В четвертой главе с помощью эвристического подхода построено решение задачи дифракции электромагнитной волны на плоском идеально проводящем угловом секторе в дальней зоне. Для построения решения использован метод ФО. Автор анализирует краевые волны, возбуждаемые падающим полем на кромке тела и вершинные волны, извлекаемые из метода ФО. Поскольку метод ФО даёт неверную диаграмму краевой волны, автор вводит корректирующие множители (формулы (158), (159)), совпадающие с известными выражениями⁴. К сожалению, автор не вводит корректирующих множителей для вершинной волны, а только указывает на такую возможность. Используя корректирующие множители и корректирующие степени, автор добивается хорошего совпадения с точным решением при выбранной геометрии задачи. В главе обсуждаются особенности различных эвристических подходов при решении трехмерных задач дифракции и пределы применимости этих подходов.

В пятой главе рассмотрен способ получения решений для тел с неидеальными граничными условиями. На основе ГО коэффициентов отражения и прохождения, получены эвристические формулы для дифракционных коэффициентов. Выполнено сопоставление формул, полученных в диссертации, с известными выражениями для решения задачи дифракции на импедансном клине. В автореферате есть загадочная фраза: «... Такие эвристические представления были известны и ранее, но в данной работе далее будет показано, что строгое решение не соответствует ни приближению ОДК (приближение автора), ни ФО, а занимает промежуточное положение между ними. Степень соответствия строгого решения зависит от прозрачности рассеивателя».

³ Буторин Д.И., Мартынов Н.А., Уфимцев П.Я. Асимптотические выражения для элементарной краевой волны // Радиотехника и электроника, 1987. Т. 32. Вып.9. С. 1818–1828.

Буторин Д.И., Уфимцев П.Я. Явные выражения для акустической краевой волны, рассеянной элементом ребра // Акустический журнал. 1986. Т. 32. № 4. С. 450 – 456.

⁴ Крюковский А.С., Лукин Д.С. Краевые и угловые катастрофы в равномерной геометрической теории дифракции. М.: МФТИ, 1999. 134 с., (стр.47)

В шестой главе изложены основы предложенного автором нового метода физической теории дифракции – метода базовых компонентов (МБК). Идея использования эталонных решений для решения эвристическими методами сложных дифракционных задач является одним из базовых принципов ГТД¹. Однако в диссертации автор ввел новый класс эталонных решений (базовых компонентов), описаны базовые компоненты и приемы МБК, а также последовательность действий при применении МБК. В частности, введена функция полупрозрачности, позволяющая получать эвристическое решение для тел со сложными граничными условиями. Проведена верификация решения задачи дифракции на идеально проводящей полупластине. Проведен сравнительный анализ точности нового метода.

В 10-ти Приложениях рассмотрено применение теоремы Стокса в задачах дифракции, строгое аналитическое двумерное решение задачи дифракции на полуплоскости, применение условной кромки при решении задач дифракции, интеграл Френеля и обобщенный интеграл Френеля и их свойства, дифракция электромагнитной волны на полупрозрачной пластине в приближении ФО, распространение радиоволн в городских условиях, аналитическое эвристическое решение задачи дифракции волнового поля на плоском рассеивателе многоугольной формы. Приведена сводка формул, применяемых в задаче дифракции на плоском угловом секторе.

На наш взгляд наиболее ценным является приложение 10: исследование задачи дифракции электромагнитной волны на трехмерном идеально проводящем рассеивателе, где приведено много результатов численных исследований.

В заключении сформулированы основные научные результаты, полученные в диссертации.

3. Новизна исследований и полученных результатов

1. На основе теории конформных отображений разработан метод, названный методом обобщенного эйконала (МОЭ), позволивший построить в интегральной форме приближенные аналитические решения ряда задач дифракции на двумерных полубесконечных рассеивателях с идеально проводящей линейно ломаной границей (клин, полупластина с конечной толщиной, усеченный клин).

2. Разработан способ применения двумерных решений в трехмерных задачах без интегрирования по элементарным полоскам, то есть методика перехода от известного аналитического решения для двумерной структуры в виде интеграла по элементарной полоске к трехмерному решению.

3. Предложены корректирующие коэффициенты, позволяющие повысить по сравнению с ФО точность решения задач дифракции на многогранниках.

4. Предложены корректирующие амплитудные коэффициенты, описывающие «продольное» по отношению к кромке возмущение поля, позволяющие получить аналитическое эвристическое решение задачи о дифракции волны на плоском угловом секторе.

5. Предложен и реализован метод приближенного представления дифракционных волновых полей в задачах рассеяния на полупрозрачных полубесконечных структурах, основанный на новом определении функции прозрачности.

6. Развита методика к решению задач дифракции, основанная на использовании эталонных решений. Сформулирован новый метод физической теории дифракции – метода базовых компонентов (МБК), для решения эвристическими методами сложных дифракционных задач.

Таким образом, можно считать, что в диссертации получены новые результаты, относящиеся к исследованию дифракции на многоугольниках и многогранниках, разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение – построение аналитических формул теории дифракции, открывающих дополнительные возможности для исследования рассеяния волн на телах сложной формы.

4. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена тем, что:

1). При построении новых эвристических решений использовались фундаментальные физические принципы (принцип локальности поля, принцип взаимности, принцип дополнительности и т.д.), а также результаты предыдущих хорошо известных и апробированных работ по физической теории дифракции и физической оптике.

2). Проведено сравнение эвристических выражений с известными аналитическими формулами в частных случаях.

3). Выполнено сравнение результатов расчета по формулам, полученным в диссертации, с результатами расчета по строгим аналитическим формулам, с результатами расчета по другим эвристическим формулам и с результатами расчетов, проведенных строгими методами и известными из литературы.

5. Практическая значимость полученных результатов

Результаты диссертации могут быть использованы при расчете эффективной поверхности рассеяния воздушных, космических, сухопутных и морских радиолокационных объектов; при изучении рассеяния радиоволн на объектах городской застройки; при моделировании распространения радиосигналов внутри помещений; при изучении дифракции электромагнитных волн на кристаллах; при описании дифракции света на матрицах фотоприемников; при описании дифракции упругих волн на неоднородностях.

6. Оформление диссертации.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

7. Апробация работы и публикации.

Результаты диссертационной работы неоднократно докладывались на российских и международных конференциях и симпозиумах.

По теме диссертации опубликовано **42** научные работы, из которых **12 статей** в отечественных журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК и **3** статьи в иностранных журналах. Опубликована монография на английском языке.

8. Замечания по диссертации

1. Существует значительный объём научной литературы, посвященной приближенным методам теории дифракции. Обзор этих работ в диссертации не полон, причем с некоторыми выводами о соотношении различных подходов трудно согласиться.

2. К сожалению, автор ограничился небольшим набором задач, на которых он продемонстрировал разрабатываемые им методы и подходы. Как правило, это задачи с бесконечными границами. При этом обычно рассматриваются случаи, когда первичное поле освещает только одну грань (клина, пластины). Не до конца ясен алгоритм применения этих методов при решении практических задач в отсутствие автора работы.

3. При решении эвристическими методами задачи о дифракции электромагнитной волны на угловом секторе автор рассматривает только неравномерные асимптотические решения, имеющие расхождения в направлениях ГО падения и отражения волны. На наш взгляд следовало этими же методами построить равномерные решения.

4. Добиваясь совпадения с точными результатами в задаче о дифракции волны на угловом секторе, автор не ограничивается умножением на корректирующий множитель, но вводит ещё и корректирующую степень, которую получает методом подбора. При этом указывается, что «коэффициент коррекции может зависеть от положения углового сектора относительно векторов падающего и рассеянного поля» (стр. 113), и необходимы «...дополнительные исследования». Это обстоятельство может превратить эвристический метод в инженерную конструкцию.

5. В диссертации при построении своих методов автор ограничился первым (главным) приближением по большому параметру задачи. Рассмотрение поправок к коэффициенту дифракции краевой волны (уже второе приближение) позволяет учесть кривизну ребер и неравномерность освещенности. В этих условиях трудно сопоставлять точность методов, разработанных в диссертации, и традиционных подходов, в которых такое исследование выполнено, например, ГТД.

6. В диссертации имеются стилистические недочеты, много повторов, что затрудняет понимание работы.

8. Оценка работы

Диссертационная работа Весника М.В. «Построение новых эвристических решений в задачах дифракции электромагнитных волн и их применение для анализа рассеяния на телах сложной формы» является завершенной научно-исследовательской работой на актуальную тему. Новые результаты, полученные диссертантом, имеют научное и практическое значение. Выводы диссертации обоснованы. Автореферат диссертации правильно и точно отражает содержание диссертационной работы, а сама она отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых ВАК РФ к диссертациям, представленным на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

Содержание диссертации соответствует специальности 01.04.03 – радиофизика (физико-математические науки).

Заключение

Считаю, что представленная диссертационная работа **Весника Михаила Владимировича** является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям ВАК Российской Федерации, а её автор **заслуживает** присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».

Официальный оппонент

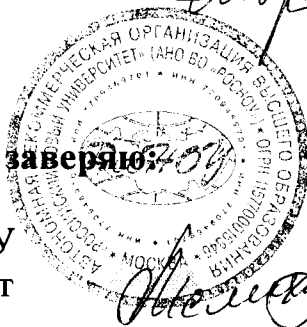
доктор физико-математических наук, профессор,
декан факультета информационных систем
и компьютерных технологий
Автономной некоммерческой организации
высшего образования «Российский новый
университет» (АНО ВО РосНОУ)

А.С. Крюковский

06.06.2018г.

**Подпись д.ф.-м.н., профессора
Крюковского Андрея Сергеевича заверяю:**

Ученый секретарь АНО ВО РосНОУ
кандидат исторических наук, доцент



Н.В. Мелихова

Ученая степень доктора/кандидата наук	
Ученая степень	доктор
Шифр и наименование специальности	01.04.03-Радиофизика
Вторая специальность (если необходимо)	-
Отрасль наук	физико-математические науки
Серия и номер диплома	ДК № 005834
Название диссертации	Краевые и угловые катастрофы в задачах дифракции и распространения волн
Дата присуждения	13.09.1996
Ученое звание профессора/доцента	
Ученое звание	Профессор
Тип	по кафедре
Дата присвоения (по аттестату)	20.10.1999
Серия и номер аттестата	ПР № 000147
Тип:	-
по кафедре	физико-математических проблем волновых процессов
по специальности	-
Место основной работы	
Наименование организации	АНО ВО "Российский новый университет"
Ведомственная принадлежность	МИОБР науки
Тип организации	Автономная некоммерческая организация
Субъект РФ	Москва
Почтовый индекс	105005
Город (населенный пункт)	Москва
Улица	Радио
Номер дома:	22

Должность: декан факультета Информационных систем и компьютерных технологий