

«Утверждаю»

Проректор по научной работе
Московского технического
университета связи и информатики
(МТУСИ),

доктор технических наук, профессор

Ю.Л. Леохин

2018 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации 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 - Радиоп физика

Диссертационная работа Весника М.В. посвящена построению новых эвристических решений в теории дифракции электромагнитных волн, исследованию особенностей этих решений и применению этих решений в практических задачах.

Аналитические решения задач теории дифракции обладают высокой важностью и ценностью при решении как фундаментальных, так и прикладных задач. В то же время, строгие аналитические решения для большинства трехмерных задач отсутствуют.

Альтернативой строгим формулам являются эвристические решения, основанные на физическом понимании задачи или на интуиции. Они могут не иметь строгого математического обоснования, однако позволяют получить компактные и эффективные быстродействующие формулы. Сравнение с более точными решениями (как правило – с численными) позволяет провести

«верификацию» (анализ точности эвристического подхода), а при необходимости – его «настройку» (коррекцию с целью уточнения).

При решении научных задач желательно иметь понятные и точные формулы для физической интерпретации результатов экспериментов и численных расчетов. Давно известное приближение физической оптики (ФО) универсально и позволяет получать относительно простые формулы, однако в большинстве практических задач их точность недостаточна. Уточнение приближения ФО по-прежнему является актуальной задачей.

Существует еще проблема ограниченности ресурсов компьютеров, не позволяющая получить строгое решение задачи дифракции на рассеивателях больших размеров. В связи с этим, несмотря на развитие компьютерной техники и успехи в области численных методов, создание новых эвристических решений открывает дополнительные возможности.

Эвристические подходы позволяют создавать аналитические решения и работать с формулами, которые трудно или невозможно получить при помощи строгих аналитических методов.

Основные усилия соискателя были приложены к исследованию дифракции на многоугольниках и многогранниках.

В диссертации получены новые результаты, сформулированы и обоснованы положения, совокупность которых можно определить как решение крупной научной проблемы – построение эффективных аналитических формул теории дифракции, открывающих новые возможности для исследования рассеяния волн на телах сложной формы.

Особенностью научного подхода к предмету исследований в диссертации является то, что эталонные решения строятся на основе физических принципов, а верифицируются при помощи численных решений, или строгих аналитических решений (если таковые имеются).

Подходы, развитые и изложенные в данной работе, позволяют получать разнообразные эвристические аналитические формулы на основе численных решений или экспериментальных результатов. На первом этапе эвристическое решение берется в качестве гипотезы, затем оно подвергается верификации и настройке. Таким образом, точность эвристической формулы может отличаться от точности численного решения на сколь угодно малую заданную величину. В дальнейшем аналитическое эвристическое решение можно применять автономно, т.е. уже без верификации и настройки.

Особенностью рассматриваемой диссертационной работы является достаточно широкий набор методик, позволяющих получать эффективные аналитические формулы.

Диссертация Весника М.В. состоит из вводной части, шести глав, десяти приложений и заключения. Во введении представлен обзор работ по эвристическим методам в теории дифракции.

В первой главе диссертации изложены основы метода обобщенного эйконала (МОЭ), позволяющего построить интегральное представление двумерной задачи дифракции.

Во второй главе диссертации при помощи метода обобщенного эйконала получены решения двумерных задач дифракции.

В третьей главе рассмотрено применение двумерных решений метода обобщенного эйконала в случае наклонного падения на кромку.

В четвертой главе при помощи разных эвристических подходов получено эвристическое решение задачи дифракции на идеально проводящем плоском угловом секторе.

В пятой главе рассмотрено применение решений метода обобщенного эйконала для тел с неидеальными граничными условиями и построены обобщенные дифракционные коэффициенты для дифракции поля произвольной физической природы на рассеивателе с плоскими или клиновидными кромками.

В шестой главе изложены основы метода базовых компонентов (МБК), относящегося к физической теории дифракции. Достоинства формул МБК: точность, простота, быстрдействие, физичность, автономность от вычислителя, гибкость, универсальность.

В приложениях собраны формулы, на основе которых строятся эвристические решения, а также указаны возможные области применения этих решений.

Следует отметить ценные методологические особенности диссертационной работы. Разработанные подходы позволяют за реальные сроки и с гарантией получения результата строить аналитические решения для любых задач, в том числе – для тех случаев, когда найти строгое аналитическое решение не представляется возможным.

Диссертационная работа Весника М.В. имеет междисциплинарный характер, полученные в ней результаты по теории дифракции можно применять в разных областях волновой физики – для изучения дифракции электромагнитных, акустических и упругих волн.

Отметим наиболее значимые научные и практические результаты диссертационной работы.

1. Разработан новый метод обобщенного эйконала – метод получения интегрального представления поля при помощи теории конформных отображений. Данное решение представляет собой обобщение интегрального представления Зоммерфельда на более широкий класс рассеивателей, в том числе – на рассеиватели, которые, в отличие от клина, имеют размерный параметр (такой, как длина торца у полупластины).

2. Новый метод позволяет строить приближенные аналитические решения задач дифракции на двумерных полубесконечных идеально проводящих рассеивателях с линейно ломаной границей. При помощи МОЭ получены эвристические аналитические решения задач дифракции электромагнитной волны на полупластине и усеченном клине, справедливые, в том числе, при малых значениях размерного параметра и при стремлении его к нулю.

3. Предложена и разработана методика нахождения аналитического решения задачи дифракции на трехмерном рассеивателе без проведения непосредственного интегрирования по элементарной полоске. Решение находят при помощи подстановки в заранее известное аналитическое решение двумерной задачи специальных угловых параметров – «комплексных углов».

4. Предложены и обоснованы корректирующие коэффициенты, позволяющие повысить точность решения задач дифракции на многогранниках методом эквивалентных контурных токов. При этом получают аналитические выражения, форма которых намного проще, чем у строгого аналитического решения.

5. Предложена и реализована методика «условной кромки», позволяющая строить трехмерные решения при помощи непосредственной подстановки в них двумерных дифракционных коэффициентов и получать аналитические решения трехмерных задач дифракции с гарантированным выполнением принципа взаимности и без интегрирования по элементарным полоскам.

6. Предложены и обоснованы корректирующие амплитудные коэффициенты, описывающие «продольное» по отношению к кромке возмущение поля и позволяющие повысить точность аналитического эвристического решения задачи дифракции на плоском угловом секторе методом эквивалентных контурных токов (МЭКТ), в результате чего получается решение трехмерной задачи дифракции в приближении модифицированного метода эквивалентных контурных токов – ММЭКТ.

7. Предложен и реализован метод приближенного представления дифракционных волновых полей в задачах рассеяния на полупрозрачных полубесконечных структурах при помощи функции прозрачности, основанный на комбинировании двумерных дифракционных коэффициентов в приближении обобщенных дифракционных коэффициентов (ОДК) и ФО.

8. Предложен и обоснован метод базовых компонентов (МБК), предназначенный для получения эффективных автономных аналитических эвристических решений практических трехмерных задач дифракции. Метод обеспечивает комплексный учет всех входных параметров при помощи набора базовых компонентов, каждый из которых описывает какую-либо характеристику процесса дифракции.

9. Предложен и обоснован способ получения эвристического решения задачи дифракции упругой волны на неоднородности в среде распространения. При этом применяют различные компоненты МБК, а также переход из временной области в частотную.

10. Предложена и обоснована детерминированная теория распространения радиоволн в условиях городской застройки, основанная на сочетании элементов теории распространения радиоволн, дифракции и антенн.

Практическая значимость полученных результатов состоит в следующем:

1. Предложенные аналитические решения задач дифракции, алгоритмы и программы, численно реализующие эти решения, формируют элементную базу для построения интегрированных систем электродинамического моделирования, включающих подсистемы расчета полей, рассеянных объектами сложной формы с большими электрическими размерами.

2. Предложенная в работе совокупность моделей, описывающих рассеяние полей на ключевых структурах, отличается высокой эффективностью, недостижимой при использовании прямых численных

решений электродинамических задач. Поэтому применение результатов работы позволит повысить эффективность систем электродинамического моделирования и снизить затраты компьютерных ресурсов, что также определяет практическую значимость диссертации.

3. С практической точки зрения важно, что качественный скачок эффективности электродинамических моделей, полученный за счет использования методов, развитых в работе потенциально позволяет перейти к решению задач синтеза рассеивающих объектов сложной формы, связанных с перебором большого числа вариантов.

4. Результаты диссертации могут быть использованы при решении следующих задач:

- Расчет эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) воздушных, космических, сухопутных и морских радиолокационных объектов.
- Рассеяние радиоволн на объектах городской застройки.
- Распространение радиосигналов внутри помещений.
- Дифракция электромагнитных волн на кристаллах.
- Дифракция на открытом конце прямоугольного волновода.
- Дифракция света на матрицах фотоприемников.
- Дифракция элементарных частиц на ловушках и других объектах.
- Дифракция упругих волн на неоднородностях в среде распространения упругих волн (твердых телах, горных породах и т.п.).

Достоверность результатов диссертации подтверждается тем, что при построении новых эвристических решений применяются основополагающие физические принципы (такие, как принцип локальности поля, принцип взаимности, принцип дополнительности и т.п.), а также физические закономерности, известные из работ по физической теории дифракции (области стационарной фазы, дифракционные конусы и т.п.). Кроме того, проводится сравнение новых эвристических формул с частными случаями известных аналитических формул, а также сравнение результатов расчета по новым эвристическим формулам с результатами расчета по строгим аналитическим формулам, с результатами расчета по другим эвристическим формулам и с известными из литературы результатами расчетов, проведенных строгими методами.

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о том, что автором создано и развито на современном уровне новое научно-техническое направление исследования эффектов и закономерностей теории дифракции.

Результаты диссертационной работы Весника М.В. существенно расширяют класс задач, для которых можно получить аналитические решения. В диссертации получены новые результаты, сформулированы и обоснованы положения, совокупность которых можно определить как решение крупной научной проблемы – построение эффективных аналитических формул теории дифракции, открывающих новые возможности для исследования рассеяния волн на телах сложной формы.

Материал в диссертации изложен хорошим физическим языком и структурирован, что облегчает как работу с ним, так и понимание разнородных задач.

Диссертация оформлена хорошо.

По диссертационной работе имеются замечания.

1. В тексте диссертации отсутствует сравнение разрабатываемого автором подхода с достаточно эффективными, на наш взгляд, гибридными численными методами, позволяющими достаточно просто решать задачи дифракции волн на телах больших волновых размеров.

2. Ряд рассмотренных в работе задач могут быть эффективно решены при помощи алгоритмически простых методов, например, таких как гибридный подход на основе метода продолженных граничных условий (см., например, [1] Кюркчан А.Г., Смирнова Н.И. Асимптотическое решение задач дифракции на основе метода продолженных граничных условий. «Электромагнитные волны и электронные системы», №8, т. 18, 2013, с. 5-9., [2] Кюркчан А.Г., Маненков С.А. Гибридный подход к решению задачи дифракции на плоских экранах. Акустический журнал, том 61, № 3, 2015, с. 302 – 310.).

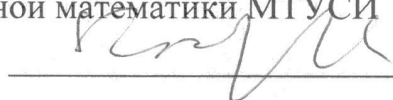
Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации, которая по научному уровню и значимости результатов полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор - Весник М.В. заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 «Радиофизика».

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Диссертация заслушана и обсуждена на заседании кафедры Теории вероятностей и прикладной математики МТУСИ 29 мая 2018 г., протокол № 9. Присутствовало 10 человек, из которых 7 являются специалистами по теме диссертации.

Отзыв составили:

доктор физ.-мат. наук, профессор,
зав. кафедрой Теории вероятностей и
прикладной математики МТУСИ



Кюркчан Александр Гаврилович

кандидат физ.-мат. наук,
доцент кафедры Математического
анализа МТУСИ



Маненков Сергей Александрович

Сведения об организации:

| | |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Полное наименование организации в соответствии с уставом | Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» |
| Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом | МТУСИ |
| Почтовый индекс, адрес организации | Авиамоторная ул., д. 8а, Москва, 111024 |
| Веб-сайт | http://www.mtuci.ru |
| Телефон | Тел. (495) 957-79-17. Факс: (495)957-77-36 |
| Адрес электронной почты | rit@mtuci.ru |