

О Т З Ы В

официального оппонента доктора физико-математических наук Боголюбова А. Н. на диссертационную работу 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»

Диссертация Весника М.В. посвящена актуальной теме: построению эвристических решений сложных трехмерных задач теории дифракции. Необходимость в таких решениях чрезвычайно высока, поскольку строгие аналитические решения для большинства практически важных задач дифракции отсутствуют. Решения, получаемые с использованием современных численных методов, далеко не всегда являются удобными для практического применения. Довольно часто подобные решения получаются в виде весьма сложных рядов, зачастую медленно сходящихся. Необходимо применять различные процедуры улучшения сходимости таких рядов, что не всегда является простым делом. Кроме того, решения, получаемые в виде рядов или интегралов, просто неудобны для практического использования. Отметим также, что теоретические оценки точности численных решений зачастую достаточно далеки от реально достигнутой точности и кроме того их получение обычно накладывает достаточно жесткие условия на входные данные начально-краевой задачи, моделирующей исследуемый процесс.

Для физиков-практиков (как и для инженеров) наибольший интерес представляют достаточно простые и быстродействующие формулы. В основе получения таких формул могут лежать некоторые эвристические рассуждения, основанные на физическом понимании задачи, или же на физической интуиции исследователя. Эти формулы могут не иметь

строгoго математического обоснования, что является своеобразной платой за их компактность и эффективность. Верификацию таких формул обычно проводят сравнением их с численными решениями, дающими гарантированную точность. Это же сравнение позволяет в случае необходимости производить определенную коррекцию эвристических формул. В других случаях верификацию и коррекцию (настройку) эвристических формул можно производить путем их сравнения с данными эксперимента. В некоторых случаях знание конечного результата позволяет строго доказать справедливость эвристического решения. Вообще вопрос точности эвристических формул является весьма тонким. Автор приводит в качестве примера приближение физической оптики, с помощью которого можно получить широко применяемые на практике относительно простые формулы, справедливо отмечая их недостаточную точность в большинстве практически важных задач и необходимость их уточнения.

В данной диссертации автор предлагает и развивает подходы, которые позволяют получать на основе анализа численных решений или экспериментальных результатов различные эвристические аналитические формулы. Кратко схема развиваемого подхода состоит в следующем: вначале эвристическое решение рассматривается в качестве гипотезы, затем с помощью процедур верификации и настройки его точность доводится до требуемой величины, после чего оно существует как самостоятельное решение, не требующее дальнейшей верификации и настройки.

При построении эвристических формул есть определенная опасность ухода от физической сущности исследуемого явления или процесса. В этом отношении нужно четко понимать, что эвристические формулы отличаются от применяемых в инженерной практике подходов, которые основаны на базах данных феноменологических числовых

коэффициентов и аппроксимирующих формул и которые имитируют точные решения.

Эвристические формулы не просто имитируют решение, а полностью соответствуют физике задачи, поскольку на ней и построены. Вообще можно сказать, что качество эвристических формул напрямую зависит от глубины проникновения в физику задачи, что является в определенном смысле искусством.

Диссертационная работа Весника М.В. состоит из введения, шести глав, десяти приложений и заключения.

Во введении дан литературный обзор по теме диссертации, обоснована актуальность работы и дано краткое содержание каждой главы.

В первой главе диссертации излагаются основы метода обобщенного эйконала для построения интегрального представления аналитического решения двумерной задачи дифракции на идеально проводящем полубесконечном рассеивателе. Описано построение интегральных представлений решения, при помощи метода стационарной фазы проводится в общем виде вычисление интегралов, входящих в интегральное представление краевой задачи для уравнения Гельмгольца. Для задачи дифракции на клине вновь полученное интегральное представление совпадает с известным ранее.

Во второй главе диссертации с помощью метода обобщенного эйконала получены приближенные решения задач дифракции плоской волны на идеально проводящей полупластине конечной толщины и усеченном клине. Полученные результаты сравниваются с результатами, полученными при помощи метода последовательных дифракций и данными, известными из литературы и полученными методами Кирхгофа, интеграла Френеля и обобщенного интеграла Френеля. Сравнение результатов показало их хорошее совпадение.

В третьей главе рассмотрено применение для решения трехмерных задач двумерных решений метода обобщенного эйконала в случае нормального и наклонного падения плоской волны на полубесконечную кромку. Для случая, когда известно аналитическое решение на прямолинейных участках направляющей двумерного рассеивателя, предложен способ применения двумерных решений в трехмерных задачах без использования интегрирования по полубесконечным элементарным полоскам, для чего вводятся специальные угловые параметры – «комплексные углы». В приближении физической оптики анализируется решение задачи дифракции плоской электромагнитной волны на плоском многоугольном рассеивателе. Элементы решения этой задачи используются при построении эвристических решений трехмерных задач.

В четвертой главе строится эвристическое решение задачи дифракции на идеально проводящем плоском угловом секторе при выполнении условия дальней зоны. Сначала находится решение задачи дифракции на идеально проводящем плоском угловом секторе в приближении физической оптики. Затем, путем замены поляризационной составляющей дифракционного коэффициента двумерной кромки и с использованием «условной кромки» - специально выделенного направления на рассеивателе, получается решение в приближении метода эквивалентных контурных токов. Далее полученное решение уточняется при помощи модифицирующего множителя, выбираемого из физических соображений. Полученное решение оказывается близким по точности к строгому решению, но гораздо более простое. В заключение главы анализируются особенности различных эвристических подходов при решении трехмерных задач дифракции и показаны пределы их применимости.

Пятая глава посвящена применению метода обобщенного эйконала для построения эвристических решений в случае неидеальных граничных условий. Построены эвристические формулы для дифракционных коэффициентов двумерной задачи дифракции на рассеивателе с плоскими или клиновидными кромками, для чего были использованы геометрикооптические коэффициенты отражения и прохождения для задачи дифракции на безграничной плоской поверхности. Сравнение полученных результатов с известными из литературы формулами для решения задачи дифракции на импедансном клине показало хорошее совпадение.

В шестой главе изложены основы метода базовых компонентов (МБК), относящегося к физической теории дифракции. Изложены основы работы с дифракционными коэффициентами, введена функция полупрозрачности, позволяющая получать эвристические решения для тел со сложными граничными условиями. Описаны базовые компоненты и последовательность действий при использовании нового метода. Верификация метода проведена на основе решения задачи дифракции на идеально проводящей полупластине. Проведен сравнительный анализ точности нового метода и описаны примеры его применения.

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

В заключении диссертационной работы подводятся итоги полученных результатов и намечаются возможные пути их дальнейшего развития.

По диссертации хотелось бы высказать некоторые замечания.

1. Количество рассмотренных физических задач, демонстрирующих преимущество предлагаемого метода исследования путем построения эвристических аналитических решений, весьма невелико, причем данные задачи являются по существу тестовыми.

Это задачи дифракции плоской электромагнитной волны на полупластине и усеченном клине, трехмерная задача дифракции на плоском угле сектора. Несколько интересных приложений развитой методики к решению конкретных задач приведено в шестой главе. С нашей точки зрения, число подобных задач можно было бы увеличить.

2. В диссертацию включено 10 приложений, в основном содержащих обзоры известных методик и результатов. С нашей точки зрения число приложений можно было бы несколько сократить: часть сведений, содержащихся в данных приложениях, можно внести в текст соответствующих глав, а в других случаях ограничиться ссылками на соответствующие работы.
3. К сожалению, диссертация не свободна от довольно большого числа опечаток.

Указанные замечания носят в основном рекомендательный характер и не снижают представление о высоком качестве представленной диссертационной работы. В целом можно констатировать, что представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой разработана и решена крупная научная проблема – разработка и реализация метода построения эвристических решений задач дифракции. Актуальность диссертационной работы Весника М.В. и достоверность полученных автором результатов не вызывает сомнений.

Основные результаты работы докладывались на международных и российских конференциях опубликованы в научных журналах, в том числе в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК. Личный вклад диссертанта четко указан и весьма весом.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Диссертация написана хорошим языком, читается достаточно легко, четко выражено личное мнение автора.

Таким образом, диссертация по форме и содержанию отвечает п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Весник Михаил Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий отделением прикладной математики
физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова



Боголюбов А.Н.

«*04*» 05 2018 г.

Боголюбов Александр Николаевич; спец. 05.13.18 - «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»; 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2, Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова; тел.: 8 (495) 939-10-33; e-mail: dean@phys.msu.su;

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова; профессор, зав. Отделением прикладной математики физического факультета МГУ; физический факультет МГУ; кафедра математики.

Подпись профессора А.Н.Боголюбова заверяю.

Декан физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова

профессор



И.Н.