

## ОТЗЫВ

официального оппонента Попова Алексея Владимировича на диссертацию Михаила Владимировича Весника «ПОСТРОЕНИЕ НОВЫХ ЭВРИСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ДИФРАКЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА РАССЕЙЯНИЯ НА ТЕЛАХ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 «Радиофизика»

Диссертация М.В. Весника посвящена разработке приближенных методов описания дифракции электромагнитных волн на телах сложной формы. Необходимость таких расчетов возникла в середине прошлого века в связи с задачами радиолокации и распространения радиоволн в городской среде. При весьма скудном наборе точных решений и ограниченной мощности вычислительных машин новые возможности открыло применение асимптотических подходов - таких как геометрическая теория дифракции Келлера, принцип локальности Фока и параболическое уравнение Леонтовича. В дальнейшем, в результате бурного развития вычислительной техники, сложнейшие проблемы дифракции на реальных объектах, требующие решения миллионов линейных алгебраических уравнений, стали доступны прямому численному моделированию. Тем не менее, оптимальным оказалось сочетание численных методов с приближенными эвристическими подходами. Характерным примером является громкий успех метода краевых волн Уфимцева, не только упростивший расчет трехмерных задач дифракции, но и радикально изменивший облик военных кораблей и самолетов.

Дальнейший рост производительности компьютеров не остановил поиска новых аналитических и эвристических решений, предлагая новые задачи в области интегральной оптики - от инфракрасного до рентгеновского диапазона. В этом смысле тема диссертации М.В. Весника и разрабатываемые в ней приближенные подходы представляются вполне актуальными. Не пересказывая в деталях содержание диссертационной работы, отметим основные идеи, результаты, удачные моменты и некоторые недостатки.

Аналитическим базисом работы является предлагаемый автором «метод обобщенного эйконала» (по моему мнению – крайне неудачное название, но это не так важно!). Суть этого подхода к двумерной задаче дифракции, излагаемого в первой главе диссертации, состоит в конформном отображении внешности рассеивателя на полуплоскость и рассмотрении возникающего при этом «неоднородного» уравнения Гельмгольца в двойном евклидовом пространстве на кривой, где волновое число сохраняет прежнее значение. Далее, обобщая найденное Зоммерфельдом решение задачи дифракции на клине, М.В. Весник предлагает интегральное представление волнового поля, возникающего при дифракции на идеально проводящей полубесконечной пластине и усеченном клине. Сравнение численных результатов с методом последовательных дифракций показывает, что предлагаемый автором подход согласуется с ним для умеренной толщины пластины и лучше описывает предельный переход при  $h \rightarrow 0$ .

В третьем разделе диссертационной работы автор рассматривает трехмерную задачу рассеяния электромагнитной волны на кромке бесконечного цилиндрического объекта и ее сведение к двумерной задаче физической оптики. Обсуждается мнимая сингулярность дифракционных коэффициентов, компенсирующаяся доказанным в Приложении 1 стремлением к нулю контурного интеграла.

В четвертой главе диссертации рассматривается задача о дифракции электромагнитной волны на плоском угловом металлическом секторе, привлекающая в последние годы повышенное внимание математиков после нахождения Клинкамбюшем точного решения задачи. Для нахождения матрицы рассеяния электромагнитной волны автор использует «метод эквивалентных

контурных токов», развитый для расчета дифракции на плоских многоугольниках и состоящий в замене конечного ребра краем бесконечного плоского экрана. Показано, что в применении к задаче дифракции на угловом секторе этот подход дает приемлемое для практики приближенное решение – в отличие от стандартной физической оптики, не учитывающей деполяризацию рассеянного излучения. Еще лучшего согласия с точным решением удастся достичь, вводя найденные в диссертации корректирующие коэффициенты, учитывающие возрастание рассеянной волны при приближении к вершине углового сектора. К сожалению, эта поправка носит чисто эмпирический характер и найдена для единственного примера, приведенного в работе Клинкенбуша.

Пятая глава диссертации посвящена задачам рассеяния электромагнитных волн на телах с неидеальными граничными условиями. Рассматривая классическое решение задачи дифракции на клине, автор интерпретирует входящие в него два слагаемых как волны, отраженные от освещенной грани или прошедшие сквозь нее. Изменение амплитудных множителей позволяет получить новые формальные решения волнового уравнения, моделирующие рассеяние волн частично поглощающими объектами. Здесь следует заметить, что, не будучи решением (пусть даже приближенной) корректно поставленной краевой задачи, эти формулы требуют более серьезного исследования их соответствия физически обоснованным строгим результатам – таким как решение Малюжинца задачи о дифракции на импедансном клине.

В какой-то мере такой анализ проведен в шестой главе диссертации, резюмирующей идеи развиваемого М.В. Весником эвристического метода к задачам дифракции электромагнитных волн на объектах сложной формы и физической природы. Приведенное в ней численное сравнение с точным решением задачи о рассеянии плоской волны бесконечно тонкой полупрозрачной пластиной позволяет оценить преимущество предлагаемого подхода перед стандартным методом физической оптики и указывает возможность его дальнейшего уточнения. В другой задаче показано соответствие метода обобщенного эйконала численным результатам расчета дифракции на крае металлической пластины конечной толщины. В то же время, общие соображения о достоинствах предлагаемого автором «метода базовых компонентов» представляются оппоненту неуместными в диссертации, являющейся не учебным пособием, а квалификационной работой. Примеры такой неуместной самооценки можно найти и в других разделах диссертации, как, например, весьма спорное заявление, что метод обобщенного эйконала «имеет лучшее обоснование, чем решение Зоммерфельда» (с. 69).

В разделе «Приложения» собран разнородный материал: наряду с выводом некоторых аналитических соотношений, используемых в основных главах диссертации, и сводкой формул для известных спецфункций, туда включены представляющие самостоятельный интерес большие разделы, касающиеся распространения радиоволн в городских условиях и дифракции на многоугольных плоских объектах. Неясно, почему им не нашлось места в основной части диссертации – если автор считает эти результаты недостаточно проработанными, не следовало включать их просто для увеличения объема работы.

Помимо сделанных выше замечаний можно указать ряд серьезных недостатков представленной диссертационной работы:

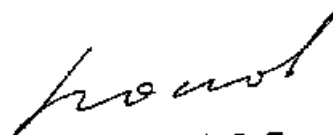
- построение эвристической теории дифракции М.В. Весника подкрепляется не столько физическими соображениями, сколько подгонкой к существующим точным решениям;

- не выяснено соотношение предлагаемых автором решений с фундаментальными результатами Боровикова по дифракции на многоугольниках и многогранниках и признанными эвристическими подходами – параболическим уравнением Леонтовича-Фока и принципом поперечной диффузии Малюжинца;
- не выяснены локальные характеристики предлагаемой модели полупрозрачных объектов;
- численные сравнения основаны на неопубликованных результатах других авторов.

Тем не менее, сформулированные, отработанные и проверенные на конкретных примерах методы построения приближенных решений задач дифракции на объектах сложной формы позволяют считать диссертацию М. В. Весника законченным исследованием и серьезным продвижением в актуальной области прикладной радиофизики. Круг применений предлагаемых автором приближенных подходов очень широк – от радиолокации и мобильной связи в городских условиях до расчета миниатюрных элементов интегральной оптики, а их использование в сложных задачах дифракции и распространения радиоволн позволит лучше понимать физику явлений и экономить вычислительные ресурсы.

Диссертация написана ясно, оформлена в соответствии с правилами ВАК. Ее основные результаты опубликованы в научных журналах и монографиях, докладывались на авторитетных российских и международных конференциях. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. По мнению оппонента, представленная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Михаил Владимирович Весник заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

И.О. зав. отделом распространения радиоволн  
в ионосфере, главный научный сотрудник, д.ф.-м.н.



А. В. Попов

Адрес: Институт земного магнетизма, ионосферы  
и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова  
108840 Москва, Троицк, Калужское шоссе, 4, ИЗМИРАН  
Тел. +7 (495) 851 01 20, E-mail: izmiran@izmiran.ru

