

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Цупака Алексея Александровича **Интегральные уравнения и численный метод решения задач дифракции на системе тел и экранов**, представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.6 - вычислительная математика

Диссертационная работа А.А. Цупака посвящена проблемам разработки численных методов приближенного решения задач дифракции электромагнитных волн на системах объемных неоднородных тел и тонких экранов при их моделировании на основе систем сингулярных интегро-дифференциальных уравнений.

Актуальность темы диссертации

Многие прикладные задачи электродинамики приводят к необходимости решения задач дифракции, когда рассеиватель представляет собой систему объемных тел и бесконечно тонких экранов, а также частично экранированных тел. Для этого традиционно широко используются интегральные уравнения, которые часто связывают с методом моментов. Разрешимость соответствующей системы интегро-дифференциальных уравнений установлена для задач дифракции на анизотропном неоднородном теле, для задач дифракции на идеально проводящих экранах. Новый класс прикладных задач связан с более общими задачами частично экранированных тел. Разработка и обоснование вычисленных методов приближенного решения таких задач с использованием технологии интегральных уравнений является актуальной и важной проблемой как для теории, так и для вычислительной практики.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Дадим оценку научной новизны основных результатов, которые выносятся автором на защиту.

1. *Проведено теоретическое обоснование метода Галеркина для решения систем интегро-дифференциальных уравнений на ограниченных многообразиях с краем размерности 2 и 3, возникающих в задачах дифракции на частично экранированных телах и системах тел и экранов.*

В части аналитического исследования прикладных задач электродинамики (разрешимость, единственность, фредгольмовость, сходимость метода Галёркина в соответствующих векторных пространствах Соболева) результаты, с моей точки зрения, являются новыми. Конкретные конструкции векторных базисных функций (конечных элементов) в объеме и на гладких поверхностях (за исключением вектор-функций на неплоских экранах в векторных задачах дифракции), предложенные в работе, сложно отнести к новым. В частности, хорошо известный и исследованный в технологии ВЕМ (boundary element method) RWG метод, который обсуждается в работе. В работе установлено, что функции RWG и их обобщения на неплоских экранах удовлетворяют условию аппроксимации в подходящем пространстве Соболева. Однако принципиальные вопросы точности аппроксимаций, скорости сходимости приближенного решения к точному не исследованы. Тем не менее теоретическое обоснование метода Галеркина для решения систем интегро-дифференциальных уравнений соответствует уровню докторских диссертаций.

2. Предложен алгоритм реализации метода Галеркина для систем интегро-дифференциальных уравнений в скалярной и векторной задачах дифракции на системе тел и экранов.

Так сформулированное защищаемое научное положение для докторской диссертации по вычислительной математике представляется не вполне точным. На современном этапе развития теории и практики вычислительных технологий исследования многомерных прикладных моделей на нерегулярных адаптивных сетках методом конечных элементов отмеченные автором достижения в построении расчетных сеток, в получении формул матричных элементов СЛАУ, возможности использования несогласованных сеток для разных искомым величин хотя и являются, может быть, новыми для данной задачи, без содержательного сравнения с существующими подходами сложно рассматривать как принципиально новый научный результат по заявленной специальности.

3. Выполнена программная реализация метода Галеркина для решения систем ИДУ в скалярной и векторной задачах дифракции на системе тел и экранов.

С помощью разработанных автором программ, написанных на языке C++, представлены результаты расчетов по ряду тестовых задач: проиллюстрированы сходимость, аппроксимация на неплоских экранах; рассмотрены отдельные вопросы, касающиеся параллельной реализации метода Галеркина и учета структуры матрицы СЛАУ. В тексте рецензируемой работы, в опубликованных работах автора нет сколь-нибудь содержательного описания разработанного ПО,

результатов по его масштабируемости на компьютеры параллельной архитектуры, доказательной верификации вычислительного алгоритма на представительном наборе тестовых задач, методически выверенного анализа численных результатов.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные результаты диссертации в части аналитического исследования нового класса прикладных проблем и сформулированные выводы обоснованы и достоверны. Используется адекватный математический аппарат теории интегро-дифференциальных уравнений, теории операторов в векторных гильбертовых пространствах, проекционных методов приближенного анализа. Эти результаты апробированы публикациями в рецензируемых научных журналах и докладами на научных конференциях. При построении вычислительных алгоритмов и разработке прикладного программного обеспечения современные достижения вычислительной математики практически не используются.

Научная, практическая значимость результатов диссертации

Результаты диссертации носят теоретический характер. Их научная значимость состоит в аналитическом исследовании важного класса прикладных задач дифракции, в обосновании сходимости метода Галеркина для их приближенного решения. Практическое использование требует более глубокой проработки вычислительных алгоритмов и их программной реализации.

Оформление диссертации

Диссертация должным образом оформлена и включает необходимые структурные элементы. Автореферат диссертации достаточно полно и правильно отражает ее содержание и основные положения, выносимые на защиту.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Научный уровень полученных результатов и их обоснованность, текст диссертации свидетельствуют, что научная квалификация автора соответствует ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.6 – вычислительная математика.

Замечания

При общей оценке диссертационной работы учитываются следующие замечания по тексту работы.

1. Анализ текущего состояния научных исследований выполнен на недостаточном уровне. Это касается, прежде всего, вопросов построения вычислительных алгоритмов, их обоснования, проблем разработки прикладного программного обеспечения. В частности, в списке цитируемых работ нет публикаций (кроме работ автора) за последние 5 лет.
2. Автором не всегда корректно представлены хорошо известные результаты из-за отсутствия ссылок. В частности, при описании векторных конечных элементов для аппроксимации токов по экранам. Например, RWG элементов: более пяти тысяч ссылок на оригинальную работу 1982 года, которую автор не цитирует.
3. Выполненные методические расчеты слабо дополняют теоретическую часть диссертации. Вычислительные эксперименты, которые для заявленной темы диссертации не только уместны, но и абсолютно необходимы, проведены автором в недостаточно большом объеме. Практически нет выверенного набора тестовых задач, сравнительного исследования различных алгоритмов, содержательного анализа численных результатов.
4. Выполненное фрагментарное рассмотрение отдельных вопросов, касающихся разработки прикладного программного обеспечения, не соответствует текущему состоянию научных исследований и не позволяет автору претендовать на какие-либо значимые результаты по созданию современного прикладного ПО.

Отмеченные замечания, как мне представляется, несколько снижают практическую значимость полученных в диссертации результатов, но не влияют на общую положительную оценку работы и ее научную значимость.

Заключение

Диссертационная работа Цупака Алексея Александровича **Интегральные уравнения и численный метод решения задач дифракции на системе тел и экранов** представляет собой завершённую научную работу по теоретическому исследованию нового класса задач дифракции и обоснованию проекционного метода их решения, в которой разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение важной научной проблемы. Ее содержание соответствует требованиям Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете

имени М.В.Ломоносова, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.6 – вычислительная математика, а ее автор Цупак Алексей Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры автоматизации научных исследований факультета ВМК
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова»

11.12.2024

Л.

П. Н. Вабищевич

Адрес организации: 119991 ГСП-1, Москва,
Ленинские горы, МГУ имени М.В.Ломоносова,
2-й учебный корпус, факультет ВМК
Тел. +7 (495) 939-39-13
E-mail: vab@cs.msu.ru

Подпись профессора кафедры автома
ФГБОУ ВО «Московский государ
П.Н. Вабищевича заверяю



ледований факультета ВМК
ет имени М. В. Ломоносова»