

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Цыброва Евгения Германовича
на тему: «Математическое моделирование в задачах дифрактометрии и
его приложения в медицинской диагностике» по специальности 1.2.2. –
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ»

Актуальность исследования. Тема диссертационного исследования лежит в области развития методов диагностики и исследования свойств объектов на основе анализа дифракции волн на них. Такие методы активно развиваются в настоящее время в связи с запросами медицинской диагностики, где активно применяются ультразвуковая диагностика, магнитно-резонансная томография, дифрактометрия. Методы радиолокационного и волнового зондирования так же широко применяются и в задачах связанных с геологоразведкой, анализом свойств и состояния материалов в технических изделиях. Во всех этих методах осуществляется решение той или иной обратной задачи дифракции по восстановлению свойств объектов, облучаемых волновым полем, на основании замера свойств отраженной волны. Поэтому развитие математического аппарата для решения таких обратных задач чрезвычайно актуально как с точки зрения повышения точности методов данного класса, так и с точки зрения расширения области их применения.

В диссертации Цыброва Е.Г. рассматриваются задачи электродинамики, связанные с анализом рассеяния на системах осесимметричных частиц в диапазоне длин волн, соизмеримых с размерами частиц. Конечной целью является решение обратных задач, связанных с

получением свойств ансамблей таких частиц на основе возникающих электромагнитных полей в заданных сечениях.

Характеристика основных результатов диссертации. В диссертации в первой главе рассмотрена задача рассеяния осесимметричного электромагнитного поля на осесимметричном диэлектрическом теле. Здесь сначала построен численный алгоритм решения прямой задачи с применением метода коллокации. Затем на основе этого алгоритма построен итерационный метод решения обратной задачи, в которой определяются форма и структура тела (распределение коэффициента диэлектрической проницаемости в расчетной области) по заданному электромагнитному полю в контрольном сечении.

Во второй главе рассмотрена задача рассеяния осесимметричного электромагнитного поля на системе из большого числа частиц, имеющих форму эллиптического диска. При этом предполагается, что все эллиптические диски ориентированы так, что оси эллипсов ортогональны направлению падения волны. Построен алгоритм нахождения функции распределения частиц по форме и размерам.

В третьей главе рассмотрена задача рассеяния лазерного пучка на частицах в форме эллиптических дисков со случайными ориентациями. Построен метод приближенного определения первых моментов функции статистического распределения частиц по размерам.

В четвертой главе построен метод приближенного определения основных моментов функции распределения параметров деформации частиц на основе вычисления определенных параметров дифракционного пятна на контрольном сечении.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Их достоверность. Решение задачи рассеяния на диэлектрическом теле вращения, рассмотренной в первой главе, основано на

численном решении эквивалентного интегрального уравнения с применением классического аппарата аппроксимации интегралов. Достоверность результатов, получаемых при решении прямой задачи, подтверждается тестовыми примерами, в которых проводилось сравнение результатов с теоретическими данными. Достоверность получаемых решений обратной задачи подтверждается тестовыми примерами, в которых осуществлялось восстановление параметров тела с известными характеристиками.

Численные алгоритмы решения обратных задач для ансамблей частиц, рассмотренные в главах 2-4, построены на основе применения строго математического аппарата. Получаемые результаты проверялись решением задач, в которых воспроизводились условия физических экспериментов других авторов, и проводилось сравнение результатов моделирования с данными этих экспериментов.

Научная новизна полученных результатов. В первой главе диссертации на основе в целом классического метода решения прямой задачи построен оригинальный алгоритм решения обратной задачи для восстановления формы и параметров диэлектрического тела вращения. Во второй главе рассмотрена задача нахождения функции распределения по форме и размерам частиц в форме эллиптических дисков. Такая задача является обобщением рассматриваемой ранее задачи о нахождении функции распределения по размерам частиц сферической формы. Для рассматриваемой в диссертации задачи построено двумерное интегральное уравнение с повторными интегралами по положительным частям действительных осей, доказана однозначная разрешимость такого уравнения. Построен численный метод решения последнего уравнения применением регуляризации по А.Н.Тихонову. В третьей и четвертой главах автором построены новые полуэмпирические численные алгоритмы восстановления

основных параметров функции распределения ансамблей частиц по параметрам рассеянного ими электромагнитного поля.

Научная и практическая значимость полученных результатов.

Исследования, проводимые автором, были направлены в первую очередь на анализ свойств крови с точки зрения параметров эритроцитов (их количества, формы и размеров), что является важным для диагностики различных заболеваний. Была учтена специфика именно данной задачи, проводилась верификация получаемых результатов на экспериментальных данных, что делает разработанные алгоритмы применимыми в данной области медицины. При этом разработанные автором алгоритмы могут быть применены и в других областях при анализе и контроле свойств взвесей, содержащих большие ансамбли мелких частиц.

По результатам диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе в 7 работ в периодических научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus. Все основные результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора.

Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Замечания.

1. В разделе 1.3, где автор описывает численную схему решения интегрального уравнения, возникающего в осесимметричной задаче рассеяния на диэлектрическом теле, нет четкого описания, как осуществляется разбиение расчетной области на ячейки.

2. В конце раздела 1.3 говорится, что матрица системы линейных уравнений, возникшей при решении интегрального уравнения в осесимметричной задаче рассеяния на диэлектрическом теле, имеет сильное диагональное преобладание. Как это доказать? Данное свойство выполнено независимо от конкретных параметров диэлектрика и частоты облучения?

3. На рисунке 1.3 приведен график, иллюстрирующий практическую сходимость результатов расчета по одной из характеристик, вычисляемых в задаче. Что бралось за эталонное решение? Судя по контексту это данные физического эксперимента. Но поскольку речь идет о попытке получить достаточно высокую точность (на мелкой сетке речь идет об отклонении от эталонного решения на доли процента), возникает вопрос – а какова точность самого эксперимента? Здесь нужно понимать, что в пределе в идеальном случае численные решения сходятся к точному решению математической задачи, а значения анализируемых характеристик, вытекающие из решения математической задачи, также согласуются с физическим экспериментом лишь приближенно.

4. Не везде полностью описаны используемые обозначения, встречается путаница в обозначениях:

- на странице 37 при формулировке граничных условий: что такое «С»;

- в формуле (1.10): что такое ν_p и n_p ? Судя по контексту, и то и другое есть обозначение вектора нормали к границе, причем, далее в тексте для этого же вектора используется другое обозначение.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертация оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Цыбров Евгений Германович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,

Ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского центра

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования «Московский государственный университет имени

М.В.Ломоносова»

СЕТУХА Алексей Викторович

12 декабря 2023 г.

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.01.07 – Вычислительная математика

Адрес места работы:

119234, г. Москва, ул. Ленинские Горы, д. 1, стр. 4,

МГУ имени М.В.Ломоносова, НИВЦ.

Тел.: +7 495 939-54-24; сайт: <https://rcc.msu.ru/contact>

Подпись ведущего научного сотрудника НИВЦ МГУ, д.ф.-м.н. Сетухи А.В.
заверяю.

Ведущий специалист отдела кадров

НИВЦ МГУ имени М.В.Ломоносова

Смирнова Л.А.

