

## **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»**

Измерения размеров малых частиц на основе лазерной дифракции ведут свою историю с 80-ых годов прошлого века. В настоящее время эта методика применяется для контроля качества порошков, состоящих из малых частиц. Прежде всего это лекарственные и химические препараты, биологические клетки, взвесь ила речного дна, микросферы краски и многие другие. В большинстве работ по данной методике каждая частица моделируется с помощью сферы, поэтому реальные несферические частицы моделируются с ошибкой, однако в ряде областей, например, в медицинской диагностике крови, крайне важно представлять формы частиц более точно. Для этого необходимы более совершенные модели рассеяния лазерного излучения на неоднородных ансамблях частиц.

В медицине наиболее распространенными методами для измерения размеров эритроцитов считаются счетчик Коултера и стандартная оптическая микроскопия. Оба этих метода имеют свои достоинства и недостатки, но здесь лишь отметим, что для увеличения количества эритроцитов, размеры которых требуется определить, необходимо прямо пропорционально увеличить и длительность измерения. В лазерной дифрактометрии для того, чтобы увеличить количество эритроцитов, участвующих в измерении, необходимо лишь расширить лазерный пучок. В частности, количество освещаемых

эритроцитов может быть от десятков тысяч до миллиона за одно измерение. Возможность быстрой обработки большого ансамбля эритроцитов является принципиальным преимуществом метода лазерной дифракции по сравнению с другими методами измерений. Кроме того, данные лазерной дифрактометрии могут дополнять и уточнять данные измерений счетчика Коултера и оптической микроскопии. Основная проблема заключается в корректной обработке получающихся дифракционных картин, которая должна выполняться за адекватное время.

Таким образом, создание и развитие математических моделей для решения задач лазерной дифрактометрии, рассматриваемых в диссертации, в настоящее время являются весьма актуальными, и полностью соответствуют специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Остановимся на анализе новизны, достоверности и обоснованности результатов диссертации. В диссертации получены следующие результаты, выносимые на защиту:

1. Предложена математическая модель рассеяния лазерного пучка на неоднородном ансамбле эритроцитов, учитывающая разброс эритроцитов по формам и ориентациям в пространстве, устанавливающая связь экспериментально измеряемой контрастности дифракционной картины с дисперсией распределения эритроцитов по формам. Новые дифрактометрические уравнения, связывающие характеристики ансамбля эритроцитов с параметрами наблюдаемой дифракционной картины.
2. Разработан численный метод решения обратной задачи рассеяния электромагнитного поля на теле вращения, установлена зависимость диаграммы направленности от формы исследуемого диэлектрика.

3. Предложен численный метод восстановления функции распределения эллиптических частиц по размерам, показавший высокую эффективность и устойчивость к погрешностям входных данных.
4. Программная реализация разработанных численных методов и алгоритмов в виде комплекса программ для определения неизвестных характеристик отдельной частицы или нескольких частиц, распределения частиц по дифракционной картине или индикатрисе рассеяния, его тестирование и практическое использование в медицинской диагностике.

Все отмеченные результаты являются новыми как для теории обратных задач лазерной дифрактометрии, так и для приложений этой теории. Их достоверность и обоснованность вытекает из используемых в исследовании известных физических и математических положений и методов.

Естественной областью приложения результатов диссертации является медицинская диагностика крови по данным лазерной дифрактометрии, а также другие области, в которых лазерная дифрактометрия применяется для анализа исследуемых малых частиц по размерам и геометрии.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание и выводы диссертационной работы, содержит список из 12 статей, 7 из которых опубликованы в журналах из WoS и Scopus. Все основные результаты полностью подтверждены и опубликованы в этих работах. Результаты диссертации также докладывались на ряде всероссийских и международных конференций.

Работа не лишена некоторых недостатков:

1. В первой главе в параграфе 1.6 рассматривается итерационный метод решения обратной задачи и результаты его работы проиллюстрированы на рисунках 1.12 и 1.13. Видно, что контур частицы восстанавливается

корректно, однако ни в тексте, ни на рисунках не отмечено, при каких условиях прерывается итерационный процесс.

2. Во второй главе на странице 65 соискатель отметил, что для минимизации функционала были использованы метод внутренней точки и метод проекции градиента, и сделан вывод, что метод внутренней точки показал более удачные результаты, однако в самой работе не приведено сравнение этих методов между собой. Также сказано про сравнение с медицинской диагностикой образцов крови с использованием сторонних методов, которые также не были проиллюстрированы, кроме одного.

3. Очевидно, что методы из первой и второй глав вычислительно более затратны, нежели методы из третьей и четвертой глав, однако хотелось бы увидеть конкретное сравнение скорости работы каждого из перечисленных методов и погрешности их измерений основных статистических моментов распределения частиц.

4. В тексте в незначительном количестве имеются опечатки.

Имеющиеся недостатки не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация Цыброва Евгения Германовича отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к кандидатским диссертациям. Содержание работы полностью соответствует специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным в пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Считаю, что соискатель, Цыбров Евгений Германович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-

математических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры математики физического  
факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Могилевский Илья Ефимович



Контактные данные:

Тел.: +7-(495)-939-13-51, e-mail: [mogilevsky@physics.msu.ru](mailto:mogilevsky@physics.msu.ru)

Специальность, по которой официальным оппонентом

Защищена диссертация: 01.01.03 – Математическая физика

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

МГУ имени М.В.Ломоносова, Физический факультет

Тел.: +7-(495)-939-16-82, e-mail: [info@physics.msu.ru](mailto:info@physics.msu.ru)