

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
МГУ.012.1 по диссертации на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук  
Решение диссертационного совета  
от 25 декабря 2023 г. №11

О присуждении Цыброву Евгению Германовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование в задачах дифрактометрии и его приложения в медицинской диагностике» по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите диссертационным советом 15 ноября 2023 г., протокол №6.

Соискатель Цыбров Евгений Германович, 1996 года рождения, в 2017 году окончил бакалавриат факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению «прикладная математика и информатика» (кафедра математической физики), в 2019 г. окончил магистратуру факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по направлению «прикладная математика и информатика» (кафедра математической физики). С 2019 по 2023 год соискатель обучался в аспирантуре факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре математической физики. С 01.09.2021 г. по настоящее время соискатель работает на факультете вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на кафедре математической физики в должности математика.

Диссертация выполнена на кафедре математической физики факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Головина Светлана Георгиевна, доцент кафедры математической физики факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Сетуша Алексей Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории вычислительных

методов Научно-исследовательского вычислительного центра МГУ имени М.В. Ломоносова;

Тучин Валерий Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой оптики и биофотоники Института физики Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского;

Могилевский Илья Ефимович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что оппоненты являются ведущими специалистами по теме диссертации, компетентны в области математического моделирования, численных методов и разработки комплексов программ, результаты их исследований, полученные за последние годы, опубликованы в ведущих зарубежных и отечественных журналах и близки по теме исследованиям соискателя, что позволяет оппонентам дать всестороннюю глубокую оценку результатам, представленным в диссертационной работе. Два оппонента имеют учёные степени доктора физико-математических наук и один имеет учёную степень кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет всего 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12 работ, из них 7 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»:

1. Golovina S. G., Zakharov E. V., Tsybrov E. G. The dependence of the antenna directional pattern on the body shape // Computational Mathematics and Modeling. — 2022. — Vol. 33, no. 2. — P. 115-120 (0.375 п.л.) [WoS, SJR 0.157]— Вклад: 75%.
2. Ustinov V., Tsybrov E. Numerical reconstruction of two-dimensional particle size distributions from laser diffraction data // Inverse Problems in Science and Engineering. — 2020. — Vol. 28, no. 11. — P. 1633-1647 (0.9375 п.л.) [WoS, SJR 0.426]— Вклад: 50%.
3. О возможности измерения асимметрии распределения эритроцитов по размерам методом лазерной дифрактометрии мазка крови / С. Ю. Никитин, Е. Г. Цыбров, М. С. Лебедева и др. // Квантовая электроника. — 2022. — Т. 52, № 7. — С. 664-670 (0.4375 п.л.) [WoS, SJR 0.395]— Вклад: 70%.

4. Ustinov V. D., Tsybrov E. G., Nikitin S. Y. Estimating of fraction of weakly deformable erythrocytes in a blood sample based on the method of laser ektacytometry and a database of simulated diffraction patterns // *Journal of Biomedical Photonics & Engineering*. — 2023. — Vol. 9, no. 3. — P. 030303-1–030303-9 (0.5625 п.л.) [WoS, SJR 0.390]—Вклад: 70%.
5. Рассеяние лазерного пучка на ансамбле асимметричных эритроцитов / С. Ю. Никитин, В. Д. Устинов, Е. Г. Цыбров, М. С. Лебедева // *Оптика и спектроскопия*. — 2021. — Т. 129, № 7. — С. 961-971 (0.6875 п.л.) [WoS, SJR 0.288]— Вклад: 65%.
6. Evgeniy G. Tsybrov, Sergey Y. Nikitin, Maria S. Lebedeva. Calibration problem in laser ektacytometry of erythrocytes // *Journal of Biomedical Photonics & Engineering*. — 2022. — Vol. 8, no. 4. — P. 040503-1–040503-9(0.5625 п.л.) [WoS, SJR 0.390]—Вклад: 75%.
7. Улучшенный алгоритм обработки данных для лазерной эктацитометрии эритроцитов / С. Ю. Никитин, В. Д. Устинов, Е. Г. Цыбров, А. В. Приезжев // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика*. — 2017. — Т. 17, № 3. — С. 150-157 (0.5 п.л.) [WoS, SJR 0.217]— Вклад: 30%.

В работе [1] автором предложен численный метод восстановления формы тела по индикатрисе рассеяния. В работе [2] автор предложил численные методы восстановления распределения эллиптических частиц по дифракционной картине. В работе [3] автором предложено разложение функций в ряд по степеням аргумента, что позволило вычислить распределение интенсивности света дифракционной картины вблизи первого минимума интенсивности, разработаны математические методы расчёта трех статистических моментов функции распределения эритроцитов по размерам. В работе [4] автором предложен метод определения параметров ансамбля эритроцитов на основе сравнения характеристик дифракционной картины с данными, рассчитанными теоретически. В работе [5] автором предложен метод моделирования эритроцитов, которые в мазке крови имеют вид хаотически ориентированных эллиптических дисков, что позволяет учесть асимметрию формы эритроцитов и оценить её влияние на параметры наблюдаемой дифракционной картины. В работе [6] автором предложен метод калибровки дифракционной картины, основанный на применении сразу двух алгоритмов обработки-- алгоритма характеристической точки и алгоритма кривизны линии, которые дают возможность оценки уровня интенсивности света на линии изоинтенсивности, выбранной для измерений. В работе [7] предложена теоретическая модель дифракционной картины, получены точные дифрактометрические уравнения для измерения

параметров эритроцитов. Во всех работах автор осуществлял компьютерное моделирование, основанное на численных методах, разработанных автором.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны и реализованы различные численные методы решения задач дифрактометрии:

1. Найдена зависимость индикатрисы рассеяния от формы исследуемого диэлектрика и получены условия, при которых в результате решения обратной задачи рассеяния определяется форма рассеивающего тела.
2. В результате численных экспериментов установлено, что распределение частиц, имеющих проекцию на экран в виде эллипса, может быть восстановлено по дифракционной картине.
3. Предложена и изучена аналитическая модель рассеяния лазерного пучка на неоднородном ансамбле эритроцитов, учитывающая разброс эритроцитов по размерам, формам и ориентациям в пространстве. Установлена связь экспериментально рассчитываемой контрастности дифракционной картины с мерой неоднородности образца крови по размерам и формам эритроцитов.
4. Предложен и разработан алгоритм измерения параметров распределения эритроцитов по размерам, использующий данные лазерной дифрактометрии мазка крови.
5. Получено уравнение для вычисления интенсивности света на линии изоинтенсивности дифракционной картины по ее геометрическим параметрам.
6. Выведены новые дифрактометрические уравнения, которые связывают характеристики ансамбля эритроцитов с параметрами наблюдаемой дифракционной картины.

Разработанный автором программный комплекс может быть использован для анализа образцов крови при проведении медицинской диагностики для получения информации о распределении эритроцитов по размерам и деформируемости.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. 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. Численный метод решения обратной задачи рассеяния электромагнитного поля на теле вращения, установлена зависимость диаграммы направленности от формы исследуемого диэлектрика.
3. 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.

На заседании 25 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Цыброву Е.Г. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 13 докторов наук по специальности 1.2.2, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 21, против - 0, недействительных голосов - 0.

Председатель диссертационного совета,  
академик РАН

**Тыртышников Е.Е.**

Учёный секретарь диссертационного совета,  
член-корреспондент РАН

**Ильин А.В.**

Декан факультета ВМК,  
академик РАН

**Соколов И.А.**

«25» декабря 2023 г.