

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО"
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16.11.2022 г. № 53

О присуждении Жукову Михаилу Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численный анализ методом Монте-Карло временных и энергетических характеристик сигналов в хаотических средах и системах» по специальности 1.3.4. – Радиофизика принята к защите 29.06.2022г. протокол № 43, диссертационным советом 24.2.340.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, приказом Рособрназора № 1990-1015/130 от 4 сентября 2007 г.

Соискатель, Жуков Михаил Сергеевич, 02 сентября 1987 года рождения, окончил магистратуру радиофизического факультета Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского в 2010 году по направлению «Радиофизика». С 2010 по 2013 обучался в аспирантуре Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки 01.03.04 «Радиофизика». С 2012 года являясь сотрудником Приволжского филиала Федерального казенного учреждения «Научно-производственное объединение «Специальная техника и связь» Министерства внутренних дел Российской Федерации г. Нижний Новгород (пройдя путь от инженера до начальника сектора), М.С. Жуков продолжает участвовать в выполнении научно-исследовательских работ на кафедре распространения радиоволн и радиоастрономии радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского в качестве внешнего исполнителя.

Диссертация выполнена на кафедре распространения радиоволн и радиоастрономии радиофизического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель доктор физико-математических наук, профессор Гавриленко

Владимир Георгиевич работает профессором на кафедре распространения радиоволн и радиоастрономии радиофизического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. Канаков Владимир Анатольевич, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.03 – Радиофизика, ученое звание - доцент), пенсионер с 2021 г.
2. Дрёмин Виктор Владимирович, гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук (специальность 05.11.17 Приборы, системы и изделия медицинского назначения), доцент кафедры приборостроения, метрологии и сертификации, старший научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева, г.Орёл.

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Автономная некоммерческая организация высшего образования «Российский новый университет» (АНО ВО РосНОУ), г.Москва, в своем положительном отзыве, утверждённом 14.10.2022 г., подписанном доктором физико-математических наук, профессором, лауреатом Государственной премии СССР А.С. Крюковским, заведующим кафедрой информационных технологий и естественнонаучных дисциплин АНО ВО РосНОУ, указала, что диссертация Жукова Михаила Сергеевича удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Жуков Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. — Радиофизика.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в WoS, Scopus и RSCI, опубликовано 5 работ.

Основные результаты диссертации были представлены на международных и всероссийских конференциях. Авторский вклад соискателя в опубликованные в соавторстве работы заключается: в расчете сигнала в системе оптической диффузионной рефлектометрии, использующей импульсное зондирующее излучение, полученного из среды со слоистым распределением показателя поглощения; в расчете влияния многократных отражений, случайных затенений участков граничных поверхностей неровностями и дифракции волн на вершинах неоднородностей; в численном анализе временных характеристик принимаемого сигнала при распространении первоначально короткого импульса в плоском волноводе с шероховатыми границами в случае многократного отражения и скользящего распространения; в численном расчёте формы рассеянного в городских условиях первоначально короткого радиоимпульса с учётом многократных отражений и дифракции волн на крышах городских строений.

Проверка текста диссертации не выявила неправомерных заимствований. Исследования являются оригинальными и представляются к защите впервые. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации, опубликованы в следующих рецензируемых журналах:

1. **Жуков М.С.**, Белоногов С.Ю., Гавриленко В.Г., Яшнов В.А. «Моделирование методом Монте-Карло распространения волн в плоском волноводе с шероховатыми границами» // Электромагнитные волны и электронные системы №8 2013г. с.24-29. (RSCI)
2. **Жуков М.С.**, Гавриленко В.Г., Сергеева Е.А. «Восстановление оптических характеристик неоднородной мутной среды на основании данных времязрешенной диффузионной рефлектометрии: исследование методом Монте-Карло» // Оптика и спектроскопия т.116, 2014г. №1, с.157-164. (RSCI)
3. **Жуков М.С.**, Гавриленко В.Г., Жуков С.Н., Яшнов В.А. «Численный расчет временных характеристик импульсного сигнала в плоском волноводе с шероховатыми границами» // Известия высших учебных заведений. Физика, раздел Распространение радиоволн, 2016г. том 59, №12/3 с. 148-152. (Scopus)
4. **Жуков М.С.**, Гавриленко В.Г., Жуков С.Н., Яшнов В.А. «Аналитический расчёт и численное моделирование временных характеристик короткого импульса при его распространении в плоском волноводе с шероховатыми границами» // Известия вузов. Радиофизика, Том LX, № 7 2017г. с 609-616. (Wos, Scopus)
5. **Жуков М.С.**, Гавриленко В.Г., Жуков С.Н., Яшнов В.А. «Аналитический расчёт и Монте-Карло моделирование изменения формы короткого радиоимпульса при рассеянии в городских условиях» // Известия вузов. Радиофизика, Том LXII, № 4 2019г. с 297-308. (Wos, Scopus)

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва от:

1. Грибовой Евгении Зиновьевны, д.ф.-м.н. (01.04.03 - радиофизика), доцента, профессора кафедры общей физики ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского"
2. Карпычева Владимира Юрьевича, д.т.н. (05.13.10 - Управление в социальных и экономических системах), профессора, ведущего научного сотрудника Приволжского филиала Федерального казенного учреждения "Научно-производственное объединение "Специальная техника и связь" Министерства внутренних дел Российской Федерации.
3. Молькова Александра Андреевича, к.ф.-м.н., (25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы), с.н.с. ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук" (ИПФ РАН)

4. Хилько Александра Ивановича, д.ф.-м.н. (01.04.03 - радиофизика), профессора, заведующего лабораторией акустических методов в гидрофизике, ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук" (ИПФ РАН).

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечается актуальность темы исследования, новизна полученных результатов и их значимость для науки и практики.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие замечания.

Замечания из отзыва ведущей организации.

1. Достоверность исследования была бы более обоснована, если бы работа содержала результаты экспериментов.

2. В работе достаточно подробно описаны разнообразные результаты, полученные методом Монте-Карло. К сожалению, сам метод Монте-Карло описан недостаточно подробно.

3. Поскольку численный метод Монте-Карло основан на статистических испытаниях было бы целесообразно оценить в работе не только средние величины, но и другие статистические параметры: дисперсии, среднеквадратичные отклонения, доверительные интервалы и показать их на графиках.

4. Было бы целесообразно дать более подробную физическую интерпретацию полученных результатов.

Замечания из отзыва официального оппонента Канакова В.А.

1. Считаю неудачной формулировку цели работы: «Целью диссертационной работы является анализ временных и энергетических характеристик сигналов при многократном рассеянии в хаотических средах и системах численным методом на основе корпускулярного статистического моделирования Монте-Карло». Общепринято считать, что анализ не может быть самоцелью, анализ проводится для чего-то. Лучшей формулировкой цели работы, на мой взгляд, было бы «Развитие численного метода на основе корпускулярного статистического моделирования Монте-Карло для его применения в решении задач анализа временных и энергетических характеристик сигналов при многократном рассеянии в хаотических средах и системах».

2. В списке литературы самые поздние ссылки по каждому из разделов работы делаются на публикации соискателя от 2014 до 2019 года соответственно. Притом, что имеется большое количество более свежих публикаций различных авторов по каждой из рассмотренных в диссертации проблем. Это обстоятельство, с одной стороны, подчёркивает актуальность исследования, с другой стороны, снижает ценность представленного в диссертации обзора текущего состояния и последних достижений исследований по теме диссертации. Однако сделанный соискателем обзор источников вполне достаточен для подтверждения новизны полученных им результатов на момент опубликования.

3. По первой главе диссертации сделан в числе других вывод: «Оптическая диффузионная рефлектометрия (ОДР) с использованием импульсных источников позволяет не только формировать изображения сильно рассеивающих сред и регистрировать динамику относительных изменений параметров исследуемой среды, но также получать количественную информацию об этих параметрах». Однако этот вывод в отношении метода ОДР для неинвазивного мониторинга динамики кровенаполнения различных участков коры головного мозга не следует из содержания первой главы диссертации по двум причинам. Во-первых, в тексте главы указано, что длительность оптического импульса должна быть не более 1 наносекунды. Пространственная протяжённость такого импульса составит 300 мм, что делает импульс длительностью 1 нсек эквивалентным непрерывному излучению для такого объекта как голова человека. Для получения временного разрешения структуры головного мозга требуются оптические импульсы, как минимум, на порядок более короткие. При этом формулы (1.14) и (1.15) справедливы для сигналов в виде δ - импульса, но для сигналов большей длительности необходимо вычислять свёртку с формой импульса (по формуле Грина). Во-вторых, рассмотренная в первой главе диссертации модель объекта исследования предполагает наличие поглощающего слоя в толще более прозрачной среды с простой внешней границей (рис. 1.10). Однако из курса анатомии для студентов медицинских специальностей легко узнать, что строение головы человека намного сложнее. Череп человека покрыт тремя внешними слоями, кости черепа имеют структуру типа «сэндвич» и между наружным и внутренним сплошными костными слоями имеется ячеистая структура. Ткани головного мозга отделены от внутренней поверхности черепа жёсткой и мягкой оболочками головного мозга. Таким образом, рассмотренная в первой главе диссертации модель представляется очень упрощенной, а полученные с её помощью результаты являются предварительными и имеют, скорее, методическое значение.

4. В четвёртой главе диссертации с помощью формул (4.9) и (4.10) даётся определение «энергетического спектра задержек». Для определяемой формулами (4.9) и (4.10) функции $\Psi(Z)$ я нахожу такое название неудачным. Оно привело к таким странным терминам как «ширина полного сигнала» и «задний фронт энергетического спектра задержек». С учётом формулы (4.13), в которой вычисляется свёртка «энергетического спектра задержек» $\Psi(Z-Z')$ с формой входного сигнала, было бы логичнее определить функцию $\Psi(Z)$ как импульсную характеристику канала по мощности. Отмечу также, что формулы (4.13) и (4.14) математически тождественны для импульса длительностью Z_0 с прямоугольной огибающей без каких-либо дополнительных условий.

Замечания из отзыва официального оппонента Дрёмина В.В.

1. В разделе 1.1.1 рассмотрено поглощение, обусловленное только гемоглобином и водой, при этом биоткани содержат также ряд других хромофоров, заслуживающих рассмотрения, например, меланин, жир, кератин и др. В этом же разделе было бы уместно представить

информацию о коллагене, как об основном компоненте, отвечающим за высокое рассеяние биотканей.

2. Диссертационная работа посвящена развитию скалярного метода Монте-Карло. Однако уделено мало внимания обзору существующих подходов. Также, хотя волновые свойства света в данной работе не учитывались, один из разделов соискатель мог бы посвятить рассмотрению как векторного уравнения переноса излучения, так и реализациям метода Монте-Карло, учитывающим когерентные и поляризационные свойства, например, на основе формализма Джонса или Стокса-Мюллера, выделив их недостатки и проанализировав возможную ошибку, возникающую при игнорировании этих эффектов.

3. Формат графических зависимостей и используемые шрифты не унифицированы, что немного искажает восприятие работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается значительным опытом выполнения ими научно-исследовательских работ по тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований установлено следующее.

1. В диссертации предложен и апробирован при решении различных задач метод численного расчёта временных и энергетических характеристик сигналов при многократном рассеянии волн в хаотических средах и системах, основанный на статистическом моделировании Монте-Карло с использованием корпускулярного представления волнового поля.

2. Выполненное численное моделирование показывает, что при освещении сильно рассеивающей среды со слоистонеоднородным распределением показателя поглощения направленным пучком света форма принимаемого первоначально короткого зондирующего импульса сильнее всего искажается по сравнению с однородным случаем тогда, когда наиболее вероятные траектории фотонов, формирующих принимаемый сигнал, проходят внутри слоя с повышенным поглощением, в результате чего предложена схема диагностики областей биологических тканей с повышенным кровенаполнением по данным времяразрешенной диффузионной рефлектометрии.

3. Наличие шероховатостей граничных поверхностей плоского волновода приводит к заметному ослаблению пространственно усреднённого по области регистрации принимаемого сигнала на достаточно больших расстояниях от источника, обусловленному расширением углового спектра отражённого от границ излучения и следующим из этого увеличением кратности отражения волн, пришедших в область регистрации и испытавших потери энергии при каждом отражении. Кроме того, увеличиваются объёмные потери энергии в среде, заполняющей волновод, при возрастании пути, пройденного многократно отражёнными волнами.

4. При распространении короткого импульса в плоском волноводе с плавно шероховатыми

границами принимаемый сигнал на достаточно большом расстоянии от источника представляет собой серию импульсов различной кратности отражения. Их ширина возрастает с увеличением флуктуаций высот и углов наклона неровностей границ волновода. Флуктуации углов отражения волн от шероховатых стенок приводят к эффективному расширению диаграммы направленности излучателя и появлению вследствие этого «дополнительных» по сравнению с гладким волноводом принимаемых импульсов с большей кратностью отражения и большим запаздыванием. С увеличением кратности отражения, форма заднего фронта импульса приближается к экспоненциальной, и ширина импульса возрастает, причём для дополнительных импульсов это происходит быстрее.

5. При распространении радиоволн в городских условиях многократные отражения от стен зданий приводят к расширению усреднённого энергетического спектра задержек первоначально короткого импульса, принимаемого мобильным устройством. Ширина энергетического спектра задержек увеличивается при подъёме передатчика над крышами домов, при увеличении горизонтального расстояния между пунктами связи, при увеличении флуктуаций высоты зданий и при увеличении коэффициента отражения от стен.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что согласно полученным в диссертации результатам метод статистического моделирования Монте-Карло, основанный на корпускулярном представлении волнового поля, позволяет корректно выполнить численный расчёт различных статистических характеристик некогерентного излучения при многократном рассеянии в различных хаотических средах и системах.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

1. Рассчитанные в диссертации статистические характеристики оптического излучения в мутной среде с неоднородным распределением показателя поглощения могут быть полезны для совершенствования оптической диффузионной рефлектометрии с целью диагностики областей с повышенным кровенаполнением биологических тканей.

2. Выполненный в диссертации анализ энергетических и временных характеристик сигналов в плоском волноводе с шероховатыми границами важен для расчёта и диагностики подводных звуковых каналов.

3. Расчет зависимости энергетического спектра задержек радиосигнала от условий распространения в городе и усреднённых параметров городской застройки полезен для оценки характеристик каналов передачи в системах мобильной связи.

Достоверность полученных численных результатов подтверждается их совпадением в частных случаях с известными в литературе теоретическими зависимостями, а также с выведенными в диссертации аналитическими формулами.

Личный вклад соискателя заключается в том, что он принимал участие в постановке задач,

проведении аналитических расчётов, разработке алгоритмов статистического моделирования методом Монте-Карло, выполнил все численные расчёты, принимал участие в обсуждении и интерпретации полученных результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания:

- 1) Решение уравнения диффузии численными методами является более простым способом учета неоднородности среды.
- 2) Неясно как велся учет дифракции при моделировании распространения волн в волноводе и в городской застройке.

Соискатель Жуков М.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- 1) Решение уравнения диффузии численными методами возможно, однако на наш взгляд метод Монте-Карло представляется наиболее простым способом для учета неоднородности среды.
- 2) Учет дифракции происходит следующим образом: случайным образом выбрасывалась неоднородность по высоте, если частица проходила выше неоднородности, то учитывалась дифракция на границе плоскости.

На заседании 16.11.2022 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, имеющей значение для развития радиофизики, присудить Жукову М.С. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек из них 9 докторов наук по специальности 01.04.03 (1.3.4.) – Радиофизика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени — 19, против присуждения ученой степени — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Гурбатов Сергей Николаевич

Клюев Алексей Викторович

16.11.2022