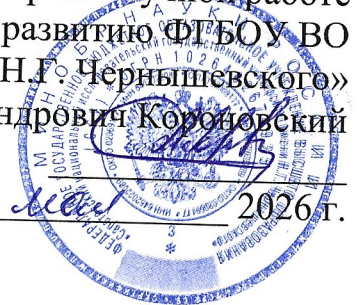


УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе
и цифровому развитию ФГБОУ ВО
«СГУ имени Н.Г. Чернышевского»
Алексей Александрович Короновский
«16» _____ 2026 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации Инкина Максима Глебовича «Автодинная
интерферометрия при модуляции длины волны лазерного излучения и
изменении уровня внешней оптической обратной связи» на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.6 «Оптика», выполненной на кафедре медицинской физики института
физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГУ
№155-Д от 01.11.2024 года.

Соискатель Инкин Максим Глебович в 2018 г. окончил Федеральное
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению
03.04.02 «Физика» с присвоением квалификации «Магистр».

Соискатель Инкин Максим Глебович с 2018 по 2023 г. обучался в
очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Саратовский
национальный исследовательский государственный университет имени
Н.Г. Чернышевского» по группе научных специальностей 1.3. Физические
науки (справка №2724 от 22.05.2026).

Соискатель Инкин Максим Глебович в 2023 г. был прикреплен для
написания диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.6 «Оптика» в Федеральное
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» приказом
ректора СГУ №172-Д от 29.09.2023.

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 5-2026 выдана
30.01.2026 года Федеральным государственным бюджетным

образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Научный руководитель: Скрипаль Анатолий Владимирович, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой медицинской физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», утвержденный приказом ректора №201-Д от 25.10.2023 года, представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры медицинской физики института физики с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ.

На заседании присутствовали:

1. Скрипаль Ан.В., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
2. Симоненко Г.В., доктор физико-математических наук, профессор кафедры оптики и биофотоники СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
3. Романова Е.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
4. Зимняков Д.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
5. Акчури Г.Г., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры оптики и биофотоники СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
6. Скрипаль Ал.В., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики твёрдого тела СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
7. Дмитриев В.В., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
8. Постельга А.Э., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики твёрдого тела СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
9. Калинин М.Ю., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
10. Добдин С.Ю., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики твёрдого тела СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
11. Конюхов А.И., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
12. Усанов А.Д., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского,
13. Сагайдачный А.А., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского.
14. Верхов Д.Г., ассистент кафедры медицинской физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского.

Рецензенты диссертации:

Зимняков Дмитрий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор представил положительный отзыв, в котором указал, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 №842.

Постельга Александр Эдуардович, кандидат физико-математических наук, доцент представил положительный отзыв, в котором указал, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 №842.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Диссертационная работа Инкина Максима Глебовича «Автодинная интерферометрия при модуляции длины волны лазерного излучения и изменении уровня внешней оптической обратной связи» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – Оптика, представляет законченное исследование, посвященное исследованию формирования спектра автодинного сигнала при модуляции длины волны лазерного излучения и различных уровнях внешней оптической обратной связи, и соответствует требованиям п.9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 №842, для кандидатских диссертаций.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью разработки методов лазерной автодинной интерферометрии абсолютного расстояния и движения измеряемых объектов при микроперемещениях на основе анализа нелинейного и зашумленного автодинного сигнала, которые являются устойчивыми к вариациям уровня внешней обратной связи.

Личный вклад автора выразился в постановке и проведении экспериментов, разработке алгоритмов обработки и подготовки экспериментальных данных, критическом анализе литературных данных, написании оригинальных разделов статей, формулировании выводов и положений, выносимых на защиту.

Новизна исследований, проведенных в ходе диссертационной работы, состоит в следующем:

1. Впервые исследована точность измерения ускорения при микросмещениях методом интегрального преобразования Фурье интерференционного сигнала лазерного автодина сигнала для различных уровней внешней оптической обратной связи.

2. Показано, что при девиации длины волны лазерного диода поведение спектра автодинного сигнала существенно зависит от расстояния до отражающей поверхности. Проведен сравнительный анализ спектров автодинного сигнала на расстояниях от активной среды лазерного автодина до отражающей поверхности, на которых выполняется условие равенства целого количества полуволн длине внешнего резонатора на границах диапазона девиации длины волны лазерного диода.

3. Предложен метод измерения абсолютных расстояний по низкочастотному спектру интерференционного сигнала частотно модулированного лазерного диода, основанный на выборе спектральных гармоник высокого порядка, что обусловлено областями однозначности функций Бесселя различных порядков.

4. Показана линейная зависимость частоты, соответствующей области перегиба огибающей спада спектра интерференционного сигнала, от расстояния, которая может быть использована для реализации бесконтактного метода измерения расстояния при гармонической модуляции тока питания лазерного автодина.

Научная и практическая значимость результатов работы:

Впервые исследовано формирования спектра автодинного сигнала равноускоренного движения объекта при различных уровнях внешней оптической обратной связи.

Определены условия модуляции длины волны лазерного диода и расстояний до отражающей поверхности, при которых значительно увеличивается точность определения величины абсолютного расстояния.

Разработан метод анализа низкочастотного спектра интерференционного сигнала частотно модулированного лазерного диода, основанный на гармонической модуляции тока питания лазерного автодина, реализующий однозначное определение абсолютных расстояний при увеличении точности.

Исследование влияние внешней оптической обратной связи на метод измерения ускорения при микросмещениях, основанный на использовании интегрального преобразования Фурье интерференционного сигнала лазерного автодина, позволил достичь уменьшения погрешности определения ускорения до 8% при уровнях внешней оптической обратной связи менее 0.2 от порогового значения.

Достоверность результатов диссертационного исследования, а также представленных в работе обсуждений, выводов и заключительных положений обеспечивается использованием современного научно-исследовательского оборудования при проведении экспериментов, применением корректных теоретических моделей, наличием апробированных и проверенных методик проведения измерений, а также использование значительного объёма исследовательского материала.

Апробация работы. Основные положения и результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, докладывались и обсуждались на мероприятиях:

1. Saratov Fall Meeting SFM'25. Laser physics and photonics XXVII. Саратов, Россия 29 сентября – 3 октября 2025 г.
2. Saratov Fall Meeting SFM'23. Laser physics and photonics XXV. Саратов, Россия 25– 29 сентября 2023 г.
3. Saratov Fall Meeting SFM'22. Laser physics and photonics XXIV. Саратов, Россия 26– 30 сентября 2022 г.
4. Saratov Fall Meeting SFM'21. Laser physics and photonics XXIII. Саратов, Россия 27 сентября – 1 октября 2021 г.
5. Всероссийская научная школа-семинар «Взаимодействие СВЧ, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами», Саратов, Россия, 23-24 мая 2024 г.
6. Всероссийская научная школа-семинар «Взаимодействие СВЧ, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами», Саратов, Россия, 24-25 мая 2023 г.
7. Всероссийская научная школа-семинар «Взаимодействие СВЧ, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами», Саратов, Россия, 24-25 мая 2022 г.
8. Всероссийская научная школа-семинар «Взаимодействие СВЧ, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами», Саратов, Россия, 25-26 мая 2021 г.
9. Всероссийская научная школа-семинар «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине», Саратов, Россия, 23-25 ноября 2022 г.
10. Всероссийская научная школа-семинар «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине», Саратов, Россия, 18-19 ноября 2021 г.

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях соискателя:

Всего по теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из них, удовлетворяющих требованиям ВАК, 4 статьи: 1 статья в зарубежных рецензируемых научных изданиях, индексируемых реферативными базами данных Web of Science и/или Scopus, входящей в базу данных RSCI, отнесенной к категории К-1; 3 статьи в научных изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК и отнесенных к категории К-1.

Статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК или включенных в базу данных SCOPUS:

1. Инкин М.Г., Яковлев Д.А., Добдин С.Ю., Скрипаль А.В. Точность и особенности применения методов определения ускорения по спектру

сигнала лазерного автодина в присутствии нелинейных эффектов, обусловленных внешней оптической обратной связью // Журнал технической физики. 2024. Т. 94. № 3. С. 457-465. Личный вклад автора заключался в разработке методов определения ускорения движения отражателя, компьютерном моделировании автодинного сигнала и его спектров, написании раздела статьи, посвященного методам определения ускорения по спектру автодинного сигнала, и построении графиков.

2. Добдин С.Ю., Джафаров А.В., Щедринов М.П., Инкин М.Г., Скрипаль А.В. Измерения наносмещений частотно-модулированным лазерным автодином // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2021. Т. 21. № 2. С. 157-164. Личный вклад автора заключался в проведении экспериментальной части, обработке полученных данных и описания раздела статьи, посвященного экспериментальной части.
3. Скрипаль А.В., Добдин С.Ю., Инкин М.Г., Джафаров А.В. Измерение расстояния по максимальной частоте интерференционного сигнала при гармонической девиации длины волны лазерного автодина // Журнал технической физики. 2023. Т. 93. № 4. С. 519-524. Личный вклад автора заключался в разработке метода аппроксимации спада спектра автодинного сигнала с помощью полинома, компьютерном моделировании, проведении эксперимента и написании раздела, посвященного экспериментальной части.
4. Добдин С.Ю., Инкин М.Г., Джафаров А.В., Скрипаль А.В. Интерферометрия абсолютных расстояний лазерных зондовых измерителей рельефа при гармонической девиации длины волны // Оптика и спектроскопия. 2023. Т. 131. № 6. С. 749-753. Личный вклад автора заключался в разработке метода компьютерного моделирования интерференционного сигнала и его анализа по спектральным гармоникам высокого порядка проведения, экспериментальных измерений.

Другие научные публикации:

5. Инкин М.Г., Добдин С.Ю., Яковлев Д.А., Скрипаль А.В. Влияние внешней оптической обратной связи на метод определения ускорения при микросмещениях по спектру лазерного автодина // В сборнике: Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами. Сборник статей одиннадцатой Всероссийской научной школы-семинара. Саратов, 2024. С. 59-61.
6. Инкин М.Г., Добдин С.Ю., Калинин М.Ю., Яковлев Д.А., Скрипаль А.В. Применение интегралов Френеля для анализа лазерного автодинного сигнала, полученного при движении отражателя с ускорением // В сборнике: Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами. Сборник статей десятой Всероссийской научной школы-семинара. Под редакцией Ал.В. Скрипаля. Саратов, 2023. С. 109-111.

7. Инкин М.Г., Скрипаль А.В., Добдин С.Ю. Метод измерения расстояния по спектру частотно-модулированного лазерного автодина // в сборнике: XII международная конференция по фотонике и информационной оптике. Сборник научных трудов. Москва, 2023. С. 199-200.
8. Садчикова К.А., Джафаров А.В., Инкин М.Г., Добдин С.Ю., Скрипаль Ан.В. Исследование микро- и нанодвижений глазного яблока методами лазерной интерферометрии // в сборнике: методы компьютерной диагностики в биологии и медицине - 2021. Сборник статей Всероссийской школы-семинара. Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. Саратов, 2021. С. 117-120.
9. Джафаров А.В., Инкин М.Г., Добдин С.Ю., Скрипаль А.В. Нанопрофилометрия при токовой модуляции лазерного автодина // В сборнике: Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами. Сборник статей восьмой Всероссийской научной школы-семинара. Под редакцией Ал.В. Скрипаля. Саратов, 2021. С. 23-27.
10. Добдин С.Ю., Джафаров А.В., Инкин М.Г., Скрипаль Ан.В. Автодинная интерферометрия расстояния при гармонической модуляции длины волны полупроводникового лазера // В сборнике: Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами. Сборник статей девятой Всероссийской научной школы-семинара. Под редакцией Ал.В. Скрипаля. Саратов, 2022. С. 38-42.
11. Князев А.А., Инкин М.Г., Садчикова К.А., Добдин С.Ю., Скрипаль Ан.В. Метод лазерной автодинной интерферометрии для регистрации и анализа микросмещений глазного яблока // В сборнике: Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине - 2022. сборник статей Всероссийской школы-семинара. Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского. Саратов, 2022. С. 50-52.
12. Sadchikova K.A., Dzhafarov A.V., Inkin M.G., Dobdin S.Yu., Skripal An.V. Laser self-mixing interferometry for measuring and analyzing micromovements of the eyeball // В сборнике: Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE. Laser Physics, Photonic Technologies, and Molecular Modeling. Сер. "Saratov Fall Meeting 2021: Laser Physics, Photonic Technologies, and Molecular Modeling" 2022. С. 121930L.

Ценность научных работ соискателя заключается в проведении комплексного анализа автодинного интерференционного сигнала при наличии внешней оптической обратной связи и разработке новых методов определения параметров движущихся объектов при микро- и наносмещениях, а также абсолютного расстояния до неподвижного объекта.

Разработанные методы позволяют уменьшить погрешность определения указанных параметров, что подтверждается экспериментальными данными.

Общая оценка диссертации. Диссертационная работа Инкина Максима Глебовича «Автодинная интерферометрия при модуляции длины волны лазерного излучения и изменении уровня внешней оптической обратной связи» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи оптики, связанной с исследованием формирования спектра автодинного сигнала при модуляции длины волны лазерного излучения и различных уровнях внешней оптической обратной связи. Проведенные исследования подтверждены экспериментальными результатами.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.3.6. «Оптика» (отрасль науки – физико-математические) по пунктам 1: Развитие физических основ волновой оптики, включая физические процессы интерференции, дифракции, поляризации и когерентности света; 8: Разработка базовых принципов построения источников светового излучения и функционирования фотонных и оптоэлектронных устройств. Лазерная спектроскопия, оптические прецизионные измерения, стандарты частоты и времени, квантовые сенсоры.

Диссертационная работа Инкина Максима Глебовича «Автодинная интерферометрия при модуляции длины волны лазерного излучения и изменении уровня внешней оптической обратной связи» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6 – «Оптика», как удовлетворяющая требованиям п.9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 №842, для кандидатских диссертаций.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры медицинской физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского». Присутствовало на заседании 5 докторов наук и 8 кандидатов наук по профилю диссертации.

Результаты открытого голосования: «за» – **13** чел.; «против» – **нет**, «воздержалось» – **нет** (протокол № 8 от «14» мая 2026 г.).

Председатель заседания

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры медицинской физики
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г.
Чернышевского»

Калинкин Михаил Юрьевич

