

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 6 апреля 2026 г № 4

О присуждении Мишину Денису Андреевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Бихроматическое возбуждение часовых переходов в атомах тулия для компенсации квадратичного эффекта Зеемана» по специальности 1.3.19 — Лазерная физика принята к защите 26 января 2026 года (протокол заседания № 1) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Мишин Денис Андреевич, 5 июля 1997 года рождения, в 2021 году с отличием окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению «Прикладные математика и физика». С 2021 года обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН) по направлению «Физика и астрономия» и закончил её в 2025 году. С 2018 года является сотрудником ФИАН. В настоящее время работает в должности

младшего научного сотрудника Лаборатории оптики сложных квантовых систем Отдела спектроскопии Отделения оптики ФИАН.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук Головизин Артём Алексеевич, специалист в области прецизионной лазерной спектроскопии, квантовой оптики и лазерного охлаждения, работает в должности Ответственного исполнителя темы в Отделении оптики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Пальчиков Виталий Геннадьевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Главного метрологического центра Государственной службы времени и частоты (ГМЦ ГСВЧ (НИО-7)) Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»);
2. Афанасьев Антон Евгеньевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории лазерной спектроскопии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института спектроскопии Российской Академии Наук (ИСАН)

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЛФ СО РАН), город Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук Тайченачевым Алексеем Владимировичем, заведующим Теоретической лабораторией ИЛФ СО РАН, и утвержденном доктором физико-математических наук Прудниковым Олегом Николаевичем, директором ИЛФ СО РАН, указала, что диссертация является законченной законченным научным исследованием и удовлетворяет условиям,

установленным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19–Лазерная физика.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 5 работ, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем Д. А. Мишиным работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Fedorova, E, Golovizin, A, Tregubov, D, Mishin, D, Provorchenko, D, Sorokin, V, Khabarova, K and Kolachevsky, N, Simultaneous preparation of two initial clock states in a thulium optical clock //Physical Review A. – 2020. – Т. 102. – №. 6. – С. 063114.
2. Golovizin, A. A., Tregubov, D. O., Fedorova, E. S., Mishin, D. A., Provorchenko, D. I., Khabarova, K. Y., Sorokin, V. N. and Kolachevsky, N. N. Simultaneous bicolour interrogation in thulium optical clock providing very low systematic frequency shifts //Nature communications. – 2021. – Т. 12. – №. 1. –С. 5171.
3. Mishin, D., Provorchenko, D., Tregubov, D., Kolachevsky, N., and Golovizin, A. Continuous operation of a bicolour thulium optical lattice clock //Applied Physics Express. – 2021. – Т. 14. – №. 11. –С. 112006.
4. Трегубов, Д. О., Проворченко, Д. И., Мишин, Д. А., Колачевский, Н. Н., Головизин, А. А. Оптимизация параметров петель обратной связи в оптических часах на атомах тулия при синхронном сличении//Журнал экспериментальной и теоретической физики. –2023. –Т. 164. –№. 2. –С. 223-229.

5. Головизин, А. А., Мишин, Д. А., Проворченко, Д. И., Трегубов, Д. О., и Колачевский, Н. Н. Сравнение двух оптических часов на атомах тулия с использованием синхронного опроса // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2024. – Т. 119. – №. 9. – С. 645-650.

Выбор Пальчикова Виталия Геннадьевича в качестве официального оппонента обоснован его высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области метрологии времени и частоты, а также в области физики ультрахолодных атомов.

Выбор Афанасьева Антона Евгеньевича в качестве официального оппонента обоснован его высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области прецизионной спектроскопии и лазерного охлаждения.

Выбор ведущей организации обоснован её репутацией признанного научного центра, проводящего исследования в области лазерной физики, прецизионной спектроскопии и физики ультрахолодных атомов.

Диссертационная работа Мишина Д. А. посвящена разработке, исследованию и экспериментальной реализации метода бихроматической спектроскопии часовых переходов в атомах тулия, а также формированию синтетической частоты для подавления квадратичного эффекта Зеемана. Актуальность исследования обусловлена перспективами создания транспортируемого высокостабильного квантового стандарта частоты в оптическом диапазоне, востребованного как при проверке фундаментальных физических теорий, так и в прикладных областях, включая высокоточную навигацию, геодезию и системы синхронизации.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Предложен и экспериментально реализован метод одновременной подготовки атомов тулия в двух состояниях, являющихся начальными для бихроматической спектроскопии часовых переходов;
2. Реализована схема бихроматической спектроскопии двух часовых переходов в атомах тулия и формирования синтетической частоты. Экспериментально продемонстрировано подавление чувствительности синтетической частоты к магнитному полю по сравнению с классической схемой монохроматической спектроскопии;
3. Предложена схема непрерывных оптических часов на основе атомов тулия с использованием бихроматического опроса часовых переходов;
4. В режиме синхронного сличения двух систем на основе атомов тулия с использованием общего часового лазера достигнута относительная неопределённость сравнения синтетических частот на уровне  $10^{-16}$  после 500 с измерений.

Все представленные автором результаты являются новыми. Научная новизна заключается в следующем: впервые для атомов тулия выполнена одновременная подготовка на двух уровнях сверхтонкой структуры основного состояния с нулевой проекцией полного момента, бихроматическая спектроскопия двух часовых переходов, формирование синтетической частоты и демонстрация её низкой чувствительности к магнитному полю.

Практическая значимость полученных соискателем результатов заключается в возможности их применения для создания компактных и транспортируемых оптических часов, представляющих интерес для релятивистской геодезии, гравитационного картирования, разработки альтернативных спутниковым навигационных систем, а также позволяющих решить задачу сличения пространственно удалённых оптических стандартов частоты.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в организациях, специализирующихся на исследованиях в областях квантовой

метрологии, прецизионной спектроскопии и физики ультрахолодных атомов, таких как: Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ), Институт спектроскопии Российской Академии Наук (ИСАН), Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук (ИОФАН), Институт лазерной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИЛФ СО РАН), Институт физики полупроводников Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН), Новосибирский государственный университет (НГУ), Московский государственный университет (МГУ).

Достоверность и обоснованность результатов, представленных в диссертации, обеспечена использованием сертифицированного научного оборудования и зарекомендовавших себя методик, а также высокой воспроизводимостью результатов и согласием с результатами других научных коллективов.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию Мишина Д.А., получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Автор принимал участие в описанных в работе экспериментах, обрабатывал экспериментальные данные и проводил теоретические расчеты, в частности все основные измерения и эксперименты, связанные с исследованием сверхтонкой структуры атомов тулия, проводились автором лично. Подготовка публикаций проводилась совместно с соавторами, при этом вклад соискателя был определяющим.

В ходе защиты соискатель Мишин Д. А. аргументированно ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 6 апреля 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Д. А. Мишину учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи по компенсации квадратичного эффекта Зеемана при спектроскопии часовых переходов в ансамбле атомов тулия, что

необходимо для развития научной области, связанной с разработкой транспортируемых высокостабильных оптических часов.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.19 — Лазерная физика), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 22,

против присуждения учёной степени - 0,

недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя диссертационного совета

д.ф.-м.н., профессор

Ионин Андрей Алексеевич

Учёный секретарь диссертационного совета

д.ф.-м.н.

Золотко Александр Степанович

6 апреля 2026 г.