

Отзыв научного руководителя

д.ф.-м.н. Хабаровой Ксении Юрьевны

о работе Кудеярова Константина Сергеевича по кандидатской диссертации
«Передача ультрастабильных сигналов оптической частоты с активной компенсацией
фазовых шумов»,

представленной на соискание степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.3.19 – Лазерная физика

Кудеяров Константин Сергеевич с отличием окончил Московский физико-технический институт (государственный университет) в 2018 году, защитив магистерскую диссертацию на тему «Стабилизация лазера по резонатору Фабри-Перо для передачи ультрастабильных сигналов частоты по волоконной линии», и в том же году поступил в аспирантуру ФИАН, продолжив исследования по созданию стабилизированных каналов передачи сигналов частоты и ультрастабильных лазерных систем. С 2017 года по настоящее время является сотрудником Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук. Подготовка материала для диссертации выполнялась в Отделе спектроскопии Отделения оптики ФИАН.

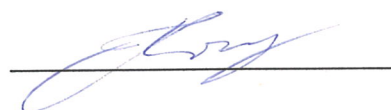
Диссертационная работа К. С. Кудеярова «Передача ультрастабильных сигналов оптической частоты с активной компенсацией фазовых шумов» посвящена совершенствованию методов передачи высокостабильных оптических сигналов по оптоволоконным и атмосферным каналам. В ходе работы была создана экспериментальная установка для изучения передачи сигналов оптической частоты по каналам различной длины, включающая лазерную систему со стабилизацией по внешнему резонатору, интерферометрическую систему детектирования фазовых шумов, вносимых каналом передачи, электронные петли обратной связи и узел измерения стабильности частоты. Было проведено экспериментальное исследование шумов, вносимых волоконными линиями длиной от 5 м до 2.85 км в сигнал ближнего инфракрасного диапазона; показано, что даже короткие линии передачи вносят в сигнал относительную нестабильность частоты не менее 10^{-16} на временах усреднения 0.01-1000 с. Созданная система активной компенсации шумов позволила снизить вносимую нестабильность до менее, чем 10^{-18} , после усреднения в течение нескольких минут, что дает возможность передавать сигналы современных оптических часов с сохранением метрологических характеристик. Впервые проведено исследование передачи в условиях воздействия на оптоволоконную линию специально возбуждаемых механических вибраций на частотах в диапазоне 5-90 Гц, продемонстрировано успешное подавление шумов не менее, чем на 55 дБ. Для передачи сигналов по атмосферным каналам разработана улучшенная конфигурация интерферометра для детектирования фазовых шумов с виброизоляция и термостабилизацией, а также система компенсации флуктуаций направления пучка, возникающих под влиянием турбулентной атмосферы. Продемонстрирована непрерывная передача сигнала на телекоммуникационной длине волны на протяжении 3 часов с активной компенсацией фазовых шумов, позволяющей достигнуть вносимой нестабильности не более $1.7 \cdot 10^{-19}$ на времени усреднения 1000 с. Активно-стабилизированные оптоволоконные линии длиной 10-100 м использованы для передачи сигналов ультрастабильных лазерных систем между тремя лабораториями. Это позволило осуществить сличение трех лазеров со стабилизацией по внешнему резонатору на длинах

волн 871 нм, 1140 нм и 1550 нм через фемтосекундный генератор оптических частот. Методом «треуголки» вычислены относительные нестабильности частоты каждого из лазеров на уровне четырнадцатого-пятнадцатого знаков. Характеризация лазерных систем позволила сделать вывод об их применимости для спектроскопии узких метрологических переходов в атомах тулия и ионах иттербия при создании оптических часов и квантовых вычислителей.

В ходе работы К. С. Кудеяров проявил себя состоявшимся исследователем, способным работать как самостоятельно, так и в составе коллектива. Он имеет необходимый для исследований уровень теоретической подготовки, демонстрирует отличные навыки проведения эксперимента, внимательность к деталям и аккуратность. Следует подчеркнуть высокую квалификацию К. С. Кудеярова в области сборки и юстировки оптоэлектронных экспериментальных установок, а также его активное участие в подготовке научных публикаций. Кудеяров К. С. представлял результаты своих исследований на ряде международных и всероссийских научных конференций и является соавтором 12 статей в рецензируемых научных изданиях (из них 4 статьи лежат в основе диссертации), а также патента на полезную модель.

Считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а К. С. Кудеяров заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19 – Лазерная физика.

Высококвалифицированный ведущий научный сотрудник
Отдела спектроскопии Отделения оптики Физического
института им. П. Н. Лебедева РАН
д.ф.-м.н. Хабарова Ксения Юрьевна
ФИАН, 119991 Москва, Ленинский проспект, 53
тел. +7 (499) 132-61-85
e-mail: habarovaky@lebedev.ru



05 мая 2023 г.

Подпись Хабаровой Ксении Юрьевны заверяю:
Ученый секретарь ФИАН,
кандидат физико-математических наук
Колобов Андрей Владимирович



05 мая 2023 г.