

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.063.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
ИМ. А.М. ПРОХОРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 12 сентября 2022 г. № 175.

О присуждении Кравцову Константину Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Управление оптическими полями для задач связи и защиты информации» по специальности 01.04.21 – Лазерная физика по физико-математическим наукам принята к защите 24 марта 2022 года (протокол заседания № 161) диссертационным советом Д002.063.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (119991 Москва, ул. Вавилова, 38, совет создан приказом Рособрнадзора № 2048-1308 от 19 октября 2007 г.).

Соискатель Кравцов Константин Сергеевич 1982 года рождения. В 2005 году соискатель окончил Московский физико-технический институт (государственный университет) .

С 2005 г. по 2009 г. учился в аспирантуре Принстонского университета (США, Нью Джерси, г. Принстон). В 2009 получил степень Ph.D., эквивалентную степени кандидата физико-математических наук, о чем в

Российской Федерации выдано свидетельство ЭУС 000594 от 27 апреля 2011 года.

В настоящее время работает в Центре квантовых технологий на физическом факультете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в должности старшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на физическом факультете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный консультант – Кулик Сергей Павлович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, научный руководитель Центра квантовых технологий при физическом факультете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Официальные оппоненты:

Калачёв Алексей Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, директор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения науки «Федерального исследовательского центра «Казанского научного центра Российской академии наук»,

Бутов Олег Владиславович, доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе, руководитель лаборатории волоконно-оптических технологий Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук»,

Фельдман Эдуард Беняминович, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института проблем химической физики Российской академии наук»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» в своем положительном заключении, подписанном Погосовым

Вальтером Валентиновичем, доктором физико-математических наук, начальником лаборатории физики микро- и наноструктур ФГУП «ВНИИА им. Н.Л. Духова», и утвержденном Директором Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова», доктором экономических наук Лопаревым Сергеем Юрьевичем, указала, что диссертация Кравцова К.С. «Управление оптическими полями для задач связи и защиты информации», являясь законченным научным исследованием, полностью удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кравцов Константин Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21-Лазерная физика.

В отзыве указаны следующие замечания:

1. В главе 1 при обсуждении масштабируемости предложенного подхода к осуществлению преобразования Фурье полностью оптическими методами больше внимания можно было бы уделить вопросу устойчивости результатов по отношению к искажениям структуры. В частности, из формулы (1.10) следует экспоненциальная чувствительность к управляющим параметрам.
2. В главе 3 говорится о невозможности измерения оптической разности фаз между двумя широкополосными некогерентными оптическими сигналами. Следовало бы более четко формализовать понятие «невозможности» в контексте полной защиты, которая гарантируется фундаментальными законами квантовой механики. Можно было бы глубже проанализировать, каковы должны быть требования к фактическим приборам и другим экспериментальным условиям, которые позволили бы преодолеть это ограничение. Возможно, данные замечания относятся больше к автореферату диссертации.

3. В главе 4 рассматривается передача пространственных квантовых состояний через турбулентную среду. Из текста возникает ощущение, что даже для сложных квантовых состояний эффективность передачи можно характеризовать лишь одним параметром – коэффициентом пропускания для фундаментальной моды. Не вполне понятно, почему это справедливо.
4. В главе 5 при томографии квантовых состояний с помощью деформируемого зеркала в эксперименте получена относительно невысокая точность. Заслуживает более подробного обсуждения вопрос о том, как эту точность можно повысить, а также каковы перспективы практического применения подхода и его масштабирования.
5. Из главы 6 не до конца ясно, какова научная новизна предложенной схемы квантового генератора случайных чисел.

Соискатель имеет 38 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК опубликовано 20 работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. I. A. Pogorelov, G. I. Struchalin, S. S. Straupe, I. V. Radchenko, K. S. Kravtsov, and S. P. Kulik, “Experimental adaptive process tomography,” *Phys. Rev. A*, vol. 95, no. 1, p. 012302, 2017.
2. K. S. Kravtsov, I. V. Radchenko, S. P. Kulik, and S. N. Molotkov, “Relativistic quantum key distribution system with one-way quantum communication,” *Scientific Reports*, vol. 8, p. 6102, 2018.
3. K. S. Kravtsov, A. K. Zhutov, I. V. Radchenko, and S. P. Kulik, “Turbulence-induced optical loss and cross-talk in spatial-mode multiplexed or single-mode free-space communication channels,” *Phys. Rev. A*, vol. 98, no. 6, p. 063831, 2018.

4. K. S. Kravtsov and S. N. Molotkov, "Practical quantum key distribution with geometrically uniform states," Phys. Rev. A, vol. 100, no. 4, p. 042329, 2019.
5. K. S. Kravtsov, A. K. Zhutov, and S. P. Kulik, "Spatial quantum state tomography with a deformable mirror," Phys. Rev. A, vol. 102, no. 2, p. 023706, 2020.
6. K. S. Kravtsov and S. N. Molotkov, "Reply to "comment on 'practical quantum key distribution with geometrically uniform states'" ," Phys. Rev. A, vol. 104, no. 2, p. 026402, 2021.

На автореферат диссертации поступил один отзыв:

1. Из Акционерного общества «Инфо Текс», подписал отзыв руководитель Центра научных исследований и перспективных разработок, кандидат технических наук Елисеев Владимир Леонидович. Отзыв положительный, замечаний нет.

Диссертационный совет отмечает, что выполненные соискателем исследования представляют собой существенный вклад в развитие современных оптических информационных технологий, включая квантовые коммуникации. В диссертации развиты такие новые направления как оптическая реализация преобразования Фурье, оптические нейроморфные устройства, передача высокоразмерных квантовых состояний через турбулентные каналы связи с использованием пространственных степеней свободы, релятивистская квантовая криптография и другие. Большинство выдвинутых гипотез обоснованы теоретически и убедительно подтверждены экспериментально.

В диссертации впервые продемонстрирована возможность реализации систем оптической связи с ортогональным частотным мультиплексированием при использовании оптического устройства, выполняющего преобразование Фурье. Предложена и исследована голографическая платформа для реализации оптических устройств "на чипе". Впервые разработано и

реализовано оптическое устройство с полным функционалом элемента нейронной сети - оптический импульсный нейрон. Впервые предложен и продемонстрирован классический метод распределения секретных ключей, основанный на случайных фазовых флуктуациях в длинных оптических линиях. Исследованы пространственные характеристики турбулентных оптических каналов связи и их влияние на модовый состав передаваемого излучения. Предложен и апробирован быстрый метод томографии пространственных квантовых состояний света с использованием деформируемого зеркала. Разработана и доведена до практического применения концепция генератора случайных чисел на базе однофотонного детектора и детерминистического экстрактора случайности. Впервые экспериментально реализована система релятивистской квантовой криптографии. Предложено и теоретически исследовано естественное развитие протокола квантовой криптографии BB84 с состояниями-ловушками на большее число используемых квантовых состояний, что позволяет повысить практическую стойкость к взлому для соответствующих систем распределения ключей.

В совокупности полученные результаты можно классифицировать как новое крупное достижение в области оптических информационных и квантовых технологий, непосредственно относящихся к специальности "лазерная физика".

Теоретическая и практическая значимость исследования обоснована тем, что благодаря ряду пионерских идей, выдвинутых в диссертации, созданы и доведены до практического применения работоспособные прототипы в таких прикладных системах как устройства квантового распределения ключей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что: достоверность полученных результатов обеспечена использованием современных экспериментальных инструментов и методов, а также подтверждена продемонстрированным соответствием теоретических и экспериментальных результатов. Полученные результаты были многократно

представлены на тематических конференциях и опубликованы в ведущих тематических журналах.

Личный вклад соискателя заключается в: непосредственном проведении большей части теоретических и экспериментальных исследований, отраженных в диссертации, в подготовке текстов статей по результатам этих исследований, в руководстве научным коллективом, выполнившим остальную часть представленных работ.

На заседании 12 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Кравцову К.С. ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 01.04.21 – Лазерная физика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за «19», против «0», недействительных бюллетеней «0».

Председатель диссертационного совета
член-корреспондент РАН

С.В. Гарнов

Ученый секретарь диссертационного совета
канд. физ.-мат. наук

А.А. Ушаков

14 сентября 2022

