

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 6 декабря 2024 г. №17
о присуждении Савельевой Александре Александровне, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических
наук.

Диссертация «Расчет топологического заряда суперпозиции вихревых лазерных пучков» по специальности 1.3.6. Оптика принята к защите 1 октября 2024 г. (протокол заседания № 14) диссертационным советом 24.2.379.01, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34) приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11 апреля 2012 г.; приказом Минобрнауки России от 3 июня 2021 г. № 561/нк полномочия диссертационного совета 24.2.379.01 установлены на срок действия номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24 февраля 2021 г. № 118, , изменения внесены приказами Минобрнауки России от 15.02.2022 № 154/нк, от 13.12.2022 №1750/нк.

Соискатель Савельева Александра Александровна, 12 июня 1996 года рождения. В 2020 году соискатель освоила программу магистратуры по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», в 2024 г. соискатель освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, работает в должности ассистента кафедры

технической кибернетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, по совместительству с 2022 года по настоящее время работает в должности лаборанта-исследователя в лаборатории лазерных измерений отделения "Институт систем обработки изображений – Самара" Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники федерального государственного бюджетного учреждения "Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт".

Диссертация выполнена на кафедре технической кибернетики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Котляр Виктор Викторович, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева», кафедра технической кибернетики, профессор.

Официальные оппоненты: Вьюнышев Андрей Михайлович, кандидат физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, обособленное подразделение Институт физики им. Л.В. Киренского, лаборатория когерентной оптики, старший научный сотрудник; **Воляр Александр Владимирович**, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», физико-технический институт, заведующий кафедрой общей физики, – дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, в своём **положительном отзыве**, подписанным заместителем директора по научной работе, доцентом, доктором физико-математических наук Дудоровым В.В. и ученым секретарем ИОА СО РАН, кандидатом физико-математических наук Кураевой Т.Е., утверждённым директором ИОА СО РАН, членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук Пташником И.В, указала, что

диссертация соответствует специальности 1.3.6. Оптика. Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет требованиям ВАК России, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 статей в научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК, Scopus и WoS. Суммарный объём опубликованного материала в соавторстве по диссертации составляет 11 печатных листа, в том числе 5,42 печатных листа принадлежит соискателю. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: аналитический и численный расчет топологического заряда суперпозиции в виде геометрической прогрессии оптических вихрей; аналитический и численный расчет топологического заряда суперпозиции параллельных однокольцевых пучков Лагерра-Гаусса; моделирование нового пучка Лагерра-Гаусса в квадрате, аналитическое и численное доказательство его Фурье-инвариантности, моделирование пучков Лагерра-Гаусса с увеличенной областью темного и автофокусировкой; сравнительное моделирование фокусировки оптических вихрей с помощью зонной пластинки и спиральных зонных пластинок с топологическими зарядами 1 - 3. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Kotlyar, V.V.** New type of vortex laser beams: Squared Laguerre-Gaussian beam / V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev, E.S. Kozlova, A.A. Savelyeva, S.S. Stafeev // *Optik*. – 2022. – V. 270. – 169916. DOI: 10.1016/j.ijleo.2022.169916. (научная статья 0,75 п.л./0,42 п.л.)

2. **Котляр, В.В.** Топологический заряд суперпозиции одинаковых параллельных однокольцевых пучков Лагерра-Гаусса / В.В. Котляр, А.А. Ковалёв, А.А. Савельева // *Компьютерная оптика*. – 2022. – Т. 46, № 2. – С. 184-188. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1086. (научная статья 0,625 п.л./0,41 п.л.)

3. **Kotlyar, V.V.** Product of Two Laguerre-Gaussian Beams / V.V. Kotlyar, E.G. Abramochkin, A.A. Kovalev, A.A. Savelyeva // *Photonics*. – 2022. – V. 9. – P. 496. DOI: 10.3390/photonics9070496. (научная статья 1,125 п.л./0,62 п.л.)

4. **Kotlyar, V.V.** Geometric Progression of Optical Vortices / V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev, E.S. Kozlova, A.A. Savelyeva, S.S. Stafeev // *Photonics*. – 2022. – V.9. – P.407. DOI: 10.3390/photonics9060407. (научная статья 1,75 п.л./0,83 п.л.)

5. **Kotlyar, V.V.** Laguerre-Gaussian Beams with an Increased Dark Area and Autofocusing / V.V. Kotlyar, E.G. Abramochkin, A.A. Kovalev, A.A. Savelyeva // Photonics. – 2022. –V. 9. –Issue 10. – P. 708. DOI: 10.3390/photonics9100708. (научная статья 1,125 п.л./0,67 п.л.)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от следующих организаций и специалистов:

1. ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, подписан ведущим научным сотрудником, и.о. зам. директора СФ ФИАН по научной работе, и.о. зав. лабораторией когерентной оптики, к.ф.-м.н. Котовой Светланой Павловной. Замечания: 1) Работа бы выиграла при наличии сравнения расчетных данных с экспериментальными. 2) Иллюстрации в автореферате имеют разный стиль оформления (цветовая гамма, обозначение масштаба или его отсутствие и прочее). Иллюстрации, оформленные в едином стиле, были бы более понятны читателю. 3) В подписи к рисунку 4 указано, что изображены распределения интенсивности и фазы пучков из уравнения 1, а уравнение один — это выражение для определения орбитального углового момента и топологического заряда.

2. ФГБУН «Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова» Уральского отделения Российской академии наук, подписан старшим научным сотрудником, д.т.н. Владимировым Александром Петровичем.

3. ФГБАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», подписан заведующим лабораторией квантовых процессов и измерений Петровым Николаем Владимировичем. Замечания: 1) Представленные результаты в третьей главе исследования дифракции на спиральных зонных пластинах линейно поляризованного поля в ближней зоне не вошли в защищаемые положения, хотя представляют собой полноценное исследование, из которого могло быть сформировано четвертое положение. Также, отмечу, что обнаруженное формирование «лепестков» обусловлено дискретной бинарной структурой пластины и является результатом осевой интерференции с нулевым порядком дифракции. 2) В работе стоило дать отдельное определение объекта исследования - «гауссов оптический вихрь», который относится к семейству пучков Куммера. В тексте диссертационной работы данные пучки иногда упоминаются более широким термином «оптические вихри», что нарушает строгость выводов. 3) Во втором защищаемом положении присутствует опечатка в третьем слове, должно быть «суперпозиции». 4) Во втором предложении второго положения не хватает граничных условий: на сколько или как зависит топологический заряд суперпозиции пучков Лагерра-Гаусса с нулевым радиальным индексом от значений комплексных весовых коэффициентов. 5) В работе имеется

множество заслуживающих внимания результатов исследования суперпозиций «цветных» вихревых пучков, вихревых пучков с увеличенной темновой областью, дифракции пучков Бесселя-Гаусса, дифракции на спиральных зонных пластинах, которые не вошли в защищаемые положения и которые стоило бы внести общим списком в результаты работы или в Заключение рукописи диссертационной работы.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, подписан главным научным сотрудником, д.ф.-м.н., профессором Соколовским Григорием Семеновичем. Замечания: 1) К недостаткам диссертационной работы, как следует из автореферата, можно отнести упомянутое выше отсутствие физического объяснения возможности получения полуцелого топологического заряда в начальной плоскости суперпозиции оптических вихрей в виде геометрической прогрессии, а также 2) некоторую небрежность в оформлении автореферата: опечатки, низкое разрешение рисунков, делающие некоторые из них нечитаемыми, а также отсутствие рис.7 (который, по-видимому, обозначен как рис.6б). 3) Помимо этого, кажется избыточным использование двух масштабных коэффициентов при рассмотрении суперпозиции двух бессель-гауссовых пучков в третьей части второй главы. Замена одного из них на 1 могла бы упростить выражение (14) для топологического заряда и соответствующие пояснения.

Все отзывы **положительные**. В отзывах отмечено, что указанные недостатки не снижают научной и практической значимости работы и не влияют на общую **положительную** оценку диссертации. Во всех отзывах отмечено, что диссертация соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Савельевой А.А. учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Выбор Вьюнышева А.М. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является известным специалистом в области расчёта оптических систем, оптоэлектроники и дифракционной оптики.

Выбор Воляра А.В. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является известным специалистом в области лазерных пучков и оптических волокон.

Выбор ФГБУН «Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева» Сибирского отделения Российской академии наук в качестве ведущей организации обосновывается достижениями ее специалистов в области комплексных исследований фундаментального и прикладного характера, в области оптики и лазерной физики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

рассчитан топологический заряд соосной суперпозиции скалярных гауссовых оптических вихрей, которая представляет собой геометрическую конечную или бесконечную прогрессию. У такой суперпозиции в общем случае три целых параметра и один действительный. Топологический заряд суперпозиции зависит от этих четырех параметров. Показано, что если в начальной плоскости у такой суперпозиции топологический заряд полуцелый, то при распространении в свободном пространстве он становится целым;

установлено, что топологический заряд суперпозиции нескольких одинаковых параллельных однокольцевых пучков Лагерра-Гаусса с разными амплитудами и одинаковой начальной фазой равен топологическому заряду каждого отдельного пучка. Показано, что наличие фазовой задержки между пучками ЛГ в суперпозиции позволяет увеличивать или уменьшать топологический заряд всей суперпозиции.

доказано, что вихревой пучок Лагерра-Гаусса «в квадрате» является Фурье-инвариантным и сохраняет свою структуру в фокусе сферической линзы. В зоне дифракции Френеля такой пучок преобразуется в суперпозиции обычных пучков ЛГ, число которых равно числу колец у пучка ЛГ «в квадрате». Рассмотрен также более общий пучок - двойной пучок Лагерра-Гаусса, являющийся «произведением» двух пучков ЛГ. Такой пучок будет Фурье-инвариантным, если число колец у двух пучков ЛГ в «произведении» одинаковое.

Теоретическая значимость исследования соискателя состоит в том, что получены аналитические формулы для топологического заряда суперпозиции оптических вихрей в виде геометрической прогрессии и для топологического заряда суперпозиции одинаковых, смещенных с оптической оси, пучков Лагерра-Гаусса. Также найдено несколько новых вихревых лазерных пучков, которые являются точным решением параксиального уравнения Гельмгольца и которые обладают свойством Фурье-инвариантности. Число точных решений уравнения распространения в оптике ограничено, и нахождение новых таких решений является определенным шагом в развитии оптики лазерных пучков.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики состоит в том, что найденные в работе новые вихревые Фурье-инвариантные лазерные пучки могут быть использованы для беспроводной передачи информации, зондирования турбулентной атмосферы и для манипулирования микрочастицами.

Оценка достоверности результатов исследования.

Достоверность полученных результатов доказывается корректными математическими преобразованиями и совпадением результатов расчета с помощью полученных аналитических выражений с результатами расчета с помощью интегрального преобразования Френеля. Полученные в работе результаты относятся к скалярным параксиальным лазерным пучкам, которые описываются комплексными амплитудами и являются точными решениями параксиального уравнения Гельмгольца.

Личный вклад соискателя. Все результаты в диссертационной работе, были получены лично соискателем. Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем.

Полученные в диссертации научные результаты, касающиеся расчета топологического заряда суперпозиции вихревых лазерных пучков, а также поиску новых Фурье-инвариантных вихревых лазерных пучков, рекомендуется использовать в организациях, проводящих исследования и разработку оптических систем: МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Национальном исследовательском университете ИТМО, Обществе с ограниченной ответственностью «Системы фотоники», Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, Самарском национальном исследовательском университете имени академика С.П. Королева, Научно-исследовательском центре «Курчатовский институт».

Рекомендуется использование результатов диссертации в учебном процессе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», а также их внедрение в учебный процесс других вузов, осуществляющих подготовку специалистов в области оптики.

Результаты исследования нашли практическое применение при выполнении грантов РФФИ (№ 18-19-00595, № 22-22-00265 и № 22-12-00137).

В диссертации отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора или источник заимствования, результаты научных работ, выполненные соискателем учёной степени в соавторстве, без ссылок на соавторов.

В ходе защиты диссертационной работы не были высказаны критические замечания. Соискатель Савельева А. А. ответила на все задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

На заседании 6 декабря 2024 г. диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, принял решение присудить Савельева А. А. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.379.01

академик РАН, д.т.н., профессор



В. А. Сойфер

Учёный секретарь

диссертационного совета 24.2.379.01

к.ф.-м.н., доцент

6.12.2024

А. М. Телегин