

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. №16
о присуждении Зайцеву Владиславу Дмитриевичу, гражданину Российской
Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Аналитический и численный расчет потока энергии и
спинового углового момента в остром фокусе векторных лазерных пучков» по
специальности 1.3.6. Оптика принята к защите 01 октября 2024 г. (протокол
заседания № 13) 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 Зайцев Владислав Дмитриевич, 02 октября 1991 года
рождения. В 2020 году соискатель освоил 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 освоил
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 и по совместительству 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 и в отделении «Институт систем обработки изображений – Самара» Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»».

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», профессор кафедры технической кибернетики.

Официальные оппоненты: **Лукин Владимир Петрович**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории когерентной и адаптивной оптики; **Петров Николай Владимирович**, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», заведующий лабораторией квантовых процессов и измерений – **дали положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), г. Москва, в своём **положительном отзыве**, подписанном ведущим научным сотрудником лаборатории когерентной оптики, кандидатом физико-математических наук Котовой С.П. и директором СФ ФИАН, председателем ученого совета СФ ФИАН, доктором физико-математических наук Аязовым В.Н., утверждённом директором ФИАН

Колачевским Н.Н., 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 41 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 11 работ. Суммарный объём опубликованного материала в соавторстве по диссертации составляет 11 печатных листов, в том числе 8,65 печатных листа принадлежит соискателю. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: аналитический и численный расчет фокусных пятен измеренных по интенсивности и по потоку энергии, для пучков с линейной, круговой поляризацией, а также для пучков с радиальной и азимутальной поляризацией, аналитический и численный расчёт индексов поляризационной сингулярности и интенсивности в остром фокусе пучков Пуанкаре, аналитический и численный расчёт продольной проекции вектора спинового углового момента до и после фокуса цилиндрических векторных пучков высокого порядка, аналитический и численный расчёт продольной проекции вектора спинового углового момента в фокусе суперпозиции цилиндрического векторного пучка порядка m и пучка с линейной поляризацией. 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. Стафеев, С.С. Минимальное субволновое фокусное пятно по потоку энергии / С.С. Стафеев, **В.Д. Зайцев** // Компьютерная оптика. – 2021. – Т. 45, № 5. – С. 685-691. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-908 (научная статья 0,875/0,79 у.п.л.)

2. Котляр, В.В. Индексы поляризационной сингулярности, аналогичные топологическому заряду, для световых полей с неоднородной поляризацией / В.В. Котляр, А.А. Ковалёв, **В.Д. Зайцев** // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46, № 5. – С. 671-681. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1126. (научная статья 1,375/1,1 у.п.л.)

3. Kotlyar, V.V. Minimal Focal Spot Size Measured Based on Intensity and Power Flow (Минимальный размер фокусного пятна, измеренный на основе интенсивности и потока энергии) / V.V. Kotlyar, S.S. Stafeev, **V.D. Zaitsev** // Sensors. – 2021. – Vol. 21(16). – P. 5505. DOI: 10.3390/s21165505. (научная статья 1,625/1,3 у.п.л.)

4. Котляр, В.В. Острая фокусировка осевой суперпозиции цилиндрического векторного пучка высокого порядка и пучка с линейной поляризацией / В.В. Котляр, С.С. Стафеев, В.Д. Зайцев // Компьютерная оптика. – 2023. – Т. 47, № 1. – С. 5-15. – DOI:10.18287/2412-6179-CO-1165. (научная статья 1,375/1,1 у.п.л.)

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

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», подписан заведующим кафедрой общей физики профессором д.ф.-м.н. Воляром Александром Владимировичем. Замечания: 1) Поскольку в автореферате индексы сингулярности определяются как топологические инварианты, было бы полезно обсудить, как они ведут себя при изменении апертуры и других параметров системы, и как стабильны найденные сингулярности?

2) В автореферате имеется множество опечаток и недочетов в оформлении: например, в формуле (6) отсутствует печатный символ, в таблице 1 формулы представлены шрифтом разного размера, а формула интенсивности в фокусе для радиальной поляризации с оптическим вихрем выходит за границы таблицы.

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), подписан, профессором кафедры измерительных и навигационных систем профессором д.ф.-м.н. Венедиктовым Владимиром Юрьевичем. Замечания: 1) На первой странице автореферата идет сопоставление “диаметров пучка” полученных в разных работах. Поскольку приводятся численные значения, необходимо было указать критерий того, как этот диаметр вычисляется – по доле энергии в соответствующей апертуре, по уровню интенсивности (обычно $1/e^2$) или еще как-то. Дальше в автореферате этот вопрос подробно освещается, но на наш взгляд его следовало обозначить сразу. 2) Формулировка “Предметом исследования служит использование новых подходов для определения оптических закономерностей светового поля” звучит невразумительно. Вероятно, следовало бы сказать что-то вроде “Предметом исследования является исследование закономерностей распространения световой волны...” или что-то подобное. 3) Говорить, что “определение диаметра фокусного пятна по потоку энергии, а не по интенсивности” (стр.5) является “новым подходом” несколько самонадеянно. Это давно известно и использовалось во многих работах. 4) При сопоставлении фокусировки

“обычной” (рефракционной) линзой и “дифракционной линзой” (обычно ее называют голограммным оптическим элементом – ГОЭ) следует помнить, что во втором случае нарушается т.н. таутохронизм (т.е. излучение от внешних зон ГОЭ проходит больший путь, нежели от внутренних зон). Этот момент должен был быть по крайней мере явно обозначен в тексте и должно было быть показано, что в рассматриваемой задаче нарушение таутохронизма не принципиально.

3. Институт проблем точной механики и управления — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», подписан заведующим лабораторией проблем когерентно-оптических измерений в точной механике, профессором кафедры оптики и биофотоники Национального исследовательского Саратовского государственного университета, д.ф.-м.н., профессором Рябухо Владимиром Петровичем. Замечания: 1) Недостатком работы является отсутствие объяснения причины возникновения областей с цилиндрической поляризацией в остром фокусе, при фокусировке гибридного пучка, почему при фокусировке свет с линейной поляризацией получает фазовую задержку между поперечными составляющими вектора напряженности электрического поля и формирует области с эллиптической поляризацией.

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 Зайцеву В.Д. учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика.

Выбор Лукина В.П. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является известным специалистом в изучении особенностей формирования оптических изображений и пучков излучения в атмосфере с использованием адаптивной оптики, включая распространение мощного, а также амплитудно- и фазово-модулированного оптического излучения.

Выбор Петрова Н.В. в качестве официального оппонента по диссертации обосновывается тем, что он является известным специалистом в области цифровой и изобразительной голографии, фемтосекундной оптики и фемтотехнологий.

Выбор ФГБУН «Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской

академии наук» (ФИАН) в качестве ведущей организации обосновывается достижениями ее специалистов в области комплексных исследований фундаментального, поискового и прикладного характера, в области оптики и спектроскопии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: **аналитически и численно показано**, что распределения осевого потока энергии в остром фокусе света с круговой и линейной поляризацией одинаковые и обладают круговой симметрией. Также показано, что равны осевые потоки энергии для оптических вихрей с единичным топологическим зарядом и с радиальной или азимутальной поляризацией. **Аналитически показано**, что диаметр фокусного пятна, рассчитанного по потоку энергии, у света с круговой поляризацией меньше (при прочих равных условиях), чем у оптического вихря с азимутальной поляризацией.

С помощью параметров Стокса **рассчитан** индекс поляризационной сингулярности пучков Пуанкаре, он равен топологическому заряду оптических вихрей, участвующих в формировании пучка Пуанкаре. С помощью формализма Ричардса-Вольфа найдены аналитические выражения для проекций вектора напряженности электрического поля вблизи острого фокуса данных пучков. **Получено** выражение для распределения интенсивности в плоскости фокуса. Число локальных максимумов (боковых лепестков) интенсивности в плоскости фокуса пропорционально величине индекса поляризационной сингулярности пучка.

Установлено, что до и после фокальной плоскости цилиндрического векторного пучка высокого порядка формируется четное число локальных субволновых областей, где вектор поляризации в каждой точке вращается. В соседних областях векторы поляризации вращаются в разные стороны, так что продольная составляющая векторов спинового углового момента в этих соседних областях имеет противоположный знак. Такое пространственное разделение левого и правого вращения векторов поляризации демонстрирует наличие оптического спинового эффекта Холла.

Доказано, что в остром фокусе аксиальной суперпозиции цилиндрического векторного пучка порядка m и пучка с линейной поляризацией, при нечетном m имеет место спиновый эффект Холла. То есть, хотя такой пучок в начальной плоскости имеет неоднородную линейную поляризацию, в фокусе формируются области с эллиптической или круговой поляризацией с чередующимися направлениями вращения (по часовой стрелке и против часовой стрелки).

Теоретическая значимость исследования обосновывается тем, что: в диссертационной работе применены несколько новых подходов к изучению оптических закономерностей в остром фокусе лазерного излучения: 1) определение индекса поляризационной сингулярности векторных пучков аналогично определению топологического заряда скалярных оптических вихрей, 2) определение характеристик спинового эффекта Холла в области фокуса цилиндрических векторных пучков высокого порядка.

Было применено определение диаметра фокусного пятна по потоку энергии, а не по интенсивности.

Также значение полученных аналитических результатов в том, что они применимы для любой длины волны, любой числовой апертуры апланатической системы (идеальной сферической линзы) и для любого радиально-симметричного начального распределения амплитуды пучка.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: 1) определены условия формирования минимального фокусного пятна в зависимости от влияния поляризации, что дает возможность управлять разрешением в оптической микроскопии, 2) от величины индекса поляризационной сингулярности векторных пучков зависит число боковых лепестков в фокусе, которые можно использовать для структурирования поляризационных материалов и для формирования оптических ловушек для захвата и манипулирования микрочастицами, 3) спиновый эффект Холла в фокусе можно использовать в микромеханике в качестве оптического двигателя, когда в фокусе в двух соседних областях со спином разного знака вращаются две взаимодействующих микрочастицы в виде шестеренок. Параксиальные цилиндрические векторные пучки, у которых имеет место спиновый эффект Холла, можно использовать для передачи информации в беспроводных системах связи.

Оценка достоверности результатов исследования.

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждается согласием теоретических выводов с результатами численного моделирования. А также совпадением результатов моделирования, полученных разными способами: с помощью полученных аналитических выражений и с помощью прямого расчета интегралов Дебая.

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

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 Зайцев В.Д. ответил на все задаваемые ему 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 Зайцеву В.Д. 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

А. М. Телегин

6.12.2024