Отзыв

официального оппонента на диссертацию

Разуевой Евгении Вадимовны

«Параметрические семейства параксиальных световых полей»,

представленную на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.05 – Оптика

Диссертация Е.В.Разуевой «Параметрические семейства параксиальных световых полей» посвящена изучению свойств различных типов параксиальных световых полей, их формированию, преобразованию и распространению. Выбор как темы исследования в целом, так и конкретных вопросов, рассматриваемых в диссертации, обусловлен внутренней логикой развития современной оптики локализованных световых пучков и одновременно нацелен на решение практических задач. Отмечу, что результаты диссертации уже нашли применение при конструировании оптических приборов. Поэтому актуальность темы диссертации не вызывает сомнений.

Работа состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы.

Во введении описывается история вопроса и современное состояние исследований в рассматриваемой области, даётся общая характеристика работы, формулируется цель и методы проведённого исследования и обосновывается его актуальность, новизна, достоверность, научная и практическая значимость, кратко формулируются рассматриваемые далее задачи и основные положения, выносимые на защиту, приводится список работ, опубликованный автором по теме диссертации, и описывается личный вклад автора.

Первая глава посвящена главным образом описанию распространения и преобразования мод Эрмита-Лагерра-Гаусса в линейных оптических системах. При анализе формул, описывающих общее астигматическое преобразование таких пучков, автору удалось обнаружить неожиданную и неочевид-

ную связь такого преобразования с вращениями в трёхмерном пространстве. Оказалось, что если параметрам оптической системы, исходного и преобразованного пучка сопоставить по обнаруженному автором правилу некоторые операторы поворота в трёхмерном пространстве, то оператор, отвечающий результирующему пучку, оказывается произведением операторов, отвечающих исходному пучку и оптической системе. Этот факт составляет содержание первого основного положения, вынесенного на защиту. Поскольку оно представляет собой математическое тождество, его достоверность не вызывает сомнения.

Несколько особняком в первой главе стоит седьмой параграф, посвящённый общеастигматическим Гауссовым (а не Эрмит-Лагерр-Гауссовым) пучкам. Автором установлен фундаментальный факт, который до сих пор не был известен: оказалось, что в плоскости, в которой площадь эллипса интенсивности пучка принимает минимальное значение (по терминологии автора – «плоскость 2D-перетяжки»), параметр дефокусировки пучка обращается в нуль. В этом состоит второе основное защищаемое положение диссертации, являющееся по сути математической теоремой, доказанной автором. При наличии других плоскостей, в которых площадь эллипса интенсивности имеет локальный минимум или максимум, указанное свойство присуще также и им.

Вторая глава диссертации посвящена исследованию спиральных пучков света, обладающих свойством структурной устойчивости: при распространении таких пучков функция, описывающая зависимость интенсивности от поперечных координат, воспроизводится с точностью до масштабного преобразования, поворота и числового множителя, обеспечивающего нормировку. Отношение полного угла поворота к π называется параметром вращения и для пучков, не обладающих аксиальной симметрией, может принимать любые рациональные значения. Ранее было получено представление для таких пучков в терминах разложений в ряд по функциям Лагерра-Гаусса. В то же время решения с параметром вращения, равным по модулю единице, допускают гораздо более простые представления на языке теории функций

комплексного переменного. Автору удалось обобщить этот подход на случай спиральных пучков с произвольным целочисленным параметром вращения. Обобщение оказалось достаточно нетривиальным, и искомое представление имеет вид произведения Гауссового множителя и преобразования Фурье от выражения специального вида, содержащего функциональный параметр. Этот результат составляет содержание третьего основного положения диссертации. Поскольку он получен в результате строгих математических преобразований, его достоверность не вызывает сомнения.

Условие сходимости интеграла и квадратичной интегрируемости решения накладывает достаточно жёсткие ограничения на порядок роста аналитической функции, через которую это решение выражается. Автором предложен остроумный приём, позволяющий сконструировать широкий класс аналитических функций, обладающих заданным свойством.

Третья глава, в отличие от первых двух, посвящена исследованию пучков негауссового типа, а именно – так называемых три-Эйри пучков и их обобщений, представляющихся в некотором сечении в виде произведения трёх функций Эйри от некоторых линейных функций поперечных координат. Для других значений продольной координаты вычислить в явном виде интеграл, описывающий поле, не удаётся, и автор основное внимание уделяет изучению Фурье-образа исследуемого решения, который допускает достаточно полное и подробное исследование. В частности, установлено, что этот Фурье-образ обладает кубической фазой, супергауссовым убыванием и при некотором выборе параметров его интенсивность оказывается аксиально симметричной. Это утверждение, составляющее содержание четвёртого основного положения диссертации, также получено с помощью строгих математических преобразований.

Таким образом, обоснованность всех четырёх защищаемых положений не вызывает сомнений. Работа в целом отвечает стандартам математической строгости, принятым в данной области физики. В получение результатов, представленных в диссертации, автор внёс определяющий вклад.

Содержание работы не сводится к перечисленным утверждениям. В частности, очень интересны весьма непростые построения третьей главы, относящиеся к вычислению функции Вигнера три-Эйри пучков. Все основные положения диссертации проиллюстрированы большим числом содержательных примеров, исследованных как аналитически, так и численно, при этом результаты вычислений, как видно из приведённых в работе многочисленных рисунков, прекрасно согласуются с экспериментом.

В то же время работа не лишена недостатков, основным из которых, на мой взгляд, является нечёткость формулировок, а иногда и их отсутствие. Особенно это касается первой главы, в которой из-за указанной нечёткости и расплывчатости иногда, к сожалению, невозможно понять смысл некоторых утверждений. В частности, это относится к рассуждениям автора, касающихся связи астигматических преобразований пучков Эрмита-Лагерра-Гаусса и вращений сферы Пуанкаре, поскольку автор оставляет читателя в неведении, каким точкам указанной сферы какие пучки поставлены в соответствие. Кроме того, отмечу наличие отдельных опечаток и неудачных формулировок в тексте диссертации и ошибок в некоторых формулах.

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку представленной работы.

В целом работа представляет собой законченное научное исследование в области оптики, выполненное на высоком профессиональном уровне. В ходе этого исследования Е.В.Разуева проявила себя как сложившийся профессионал, способный ставить и решать трудные научные и технические задачи, гибко сочетая аналитические и численные методы исследования и творчески применяя результаты на практике. Полученные автором результаты открывают перспективы дальнейших исследований: в частности, интегральное представление для спиральных пучков может быть обобщено на случай нецелых значений параметра вращения, а теорема об обращении в нуль дефокусировки в плоскости 2D-перетяжки допускает многомерное обобщение.

Основные результаты своевременно опубликованы, в том числе в ведущих международных журналах. Автореферат и публикации автора соответствуют содержанию диссертации.

В целом, на мой взгляд, представленная работа вполне отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сама Е.В.Разуева безусловно достойна присвоения искомой учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика.

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук
доцент

Плаченов Александр Борисович

9 ноября 2015 года

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники»
119454, Российская Федерация, Москва, проспект Вернадского, д.78
тел. +7 (495) 433-00-66, e-mail: a_plachenov@mail.ru

Подпись Плаченова Александра Борисовича заверяю.

Учёный секретарь Московского государственного университета информационных технологий, радиотехники и электроники,
кандидат технических наук

Булгаков Сергей Владимирович

«9» ноября 2015 года