

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

д.ф.-м.н., профессора Боголюбова Александра Николаевича о диссертационной работе Кубанова Рустама Татархановича «Фурье-оптика фрактальных структур», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. Оптика

Фрактальная оптика в настоящее время применяется при разработке разнообразных технологий, схем оптической диагностики, коммутационных систем, при проведении медико-биологических исследований. Используемый при этом математический аппарат во многом базируется на представлениях фурье-оптики. Используя эти представления, можно с существенно расширить сведения о свойствах самоподобных объектов и процессах, имеющих общенаучное и прикладное значение. Это указывает на актуальный характер диссертационной работы Р.Т. Кубанова, поставившего перед собой цель определить на основе фурье-анализа особенности скейлинга пространственных спектров фрактальных структур и оценить возможности их практического использования. Современный вид материалу диссертации придает ее междисциплинарный характер, реализованный с помощью разработанных математических моделей.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Введение содержит традиционные для диссертационной работы формулировки цели работы и положений, выносимых на защиту. В нем дана оценка новизны, актуальности, практической и теоретической значимости запланированных исследований. Во введении содержится также характеристика достоверности полученных результатов и личного вклада автора. Введение дает достаточно полное представление о решаемых в работе научных проблемах и подходах к их решению. Сведения об апробации работы свидетельствуют о верификации полученных автором научных результатов в ходе его участия в авторитетных международных и отечественных научных конференциях.

Первая глава представляет собой литературный обзор, являющийся основой для постановки оригинальных исследований. В ней приведена классификация различных типов фрактальных объектов, имеющих различную природу и отличающихся набором геометрических параметров. В главе содержится описание технологических схем различной практической направленности, диагностических фрактальных методов, лечебных медицинских методик. Материал первой главы подводит также информационную базу под медико-биологический раздел диссертации, в котором рассматривается восприятие человеком фрактальных изображений посредством использования пространственно частотных каналов передачи информации зрительной системой.

Вторая глава содержит анализ фурье-спектров одномерных и двумерных фрактальных числовых распределений. Использовались

действительные и комплексные представления амплитуд световых колебаний. Для числового действительного распределения характерным является структурное соответствие между формой изначального амплитудного распределения и формой соответствующего ему фурье-спектра с сохранением ими скейлинговых свойств. При комплексном задании начального поля в ходе сопоставления геометрических характеристик объекта и его спектра следует считаться с асимметричной формой фурье-спектра. Автор, как следует из материала второй главы, сумел обобщить проявление скейлинговых свойств фурье-спектров фрактальных структур и на структуры со “скрытым” самоподобием. Такие структуры строились с помощью числовой последовательности Фибоначчи и характеризовались коэффициентом скейлинга спектра, близким к коэффициенту Золотого сечения.

Третья глава посвящена изучению процессов дифракционного распространения фрактального светового пучка. Была подробно рассмотрена задача о распространении фрактального спеклового пучка с изначальным вогнутым волновым фронтом. Расчет фрактальных размерностей в предметной плоскости и в плоскости изображений показал, что они совпадают с точностью 5%. В фокальной плоскости системы формировалось четкое регулярное распределение интенсивности, соответствующее фурье-спектру светового пучка. По этому распределению появляется возможность определить особенности проявления самоподобия светового пучка. В главе приведены также характеристики изображений фрактальных пучков в оптических системах общего вида. Дана оценка скейлинга и контрастности спектров изображений в зависимости от фрактальной размерности пучков и ширины переходной функции системы. Было установлено, что при некотором уменьшении контрастности спектров с увеличением фрактальной размерности происходит ее резкое снижение даже при незначительном уширении переходной функции. Практическую ценность представляют изложенные в данной главе результаты, относящиеся к распространению фрактальных вихревых пучков в свободном пространстве и случайно-неоднородных средах. Глава содержит также краткое описание инструментария, использованного при экспериментальном получении световых пучков с заданными свойствами. Предложенное в диссертации устройство пространственного модулятора света представляется простым и весьма эффективным средством формирования пучков с различным поперечным распределением поля.

В четвертой главе диссертации содержится материал, сориентированный на использование фрактального излучения в офтальмологии и арт-терапии. Фрактальные структуры моделировались на основе модифицированных двумерных функций Вейерштрасса и полиномиальных аттракторов. Скейлинговый вид их пространственных спектров обеспечивал быструю передачу оптической информации в кору головного мозга по частотно селективным каналам. Автору удалось расширить типоряд

оптических изображений, представляющих интерес для использования в медицине. Ценным не известным ранее результатом является установленная возможность обобщения этого вывода на определенный класс мультифрактальных распределений.

Характеризуя в целом общенаучную и практическую ценность диссертации, следует отметить весьма высокую квалификацию автора, его умение владеть современными компьютерными технологиями, а также широкий научный кругозор. Эти качества позволили ему получить ряд новых фундаментальных и практически значимых результатов, которые заметно расширили представления и аппарат фрактальной оптики. Автор доказал присутствие скейлинга в пространственных спектрах полиномиальных аттракторов, что позволило ему перенести на них представления, относящиеся к двумерным Вейерштрасса.

Особым образом хотелось бы отметить ценность результатов, которые указывают на эвристическую ценность используемых при математическом моделировании элементов фурье-оптики. Получаемые в ходе преобразования Фурье коэффициенты позволяют оценить устойчивость скейлинговых свойств фрактальных и фракталоподобных образований.

Автореферат соответствует тексту и содержанию диссертационной работы.

К недостаткам работы можно отнести следующее:

1. В задаче распространения спеклоподобного фрактального пучка с вогнутым волновым фронтом изображение и изначальная структура имеют хотя и схожий вид, но обладают заметными различиями, однако, их причина не объясняется.
2. Статьи, вышедшие в свет за последние 5 лет по проблематике диссертации, составляют лишь очень малую часть от общего числа публикаций, приведенных в списке литературы.
3. Приложения, относящиеся к арт-терапии, сориентированы в диссертации на зрительное восприятие фрактальных структур, но в работе отсутствует сравнение этого метода с другими методами, используемыми в арт-терапии. Нет оценки оптимальной для этой технологии фрактальной размерности оптических изображений.

И всё же, указанные замечания не могут заметным образом отразиться на общей достаточно высокой оценке диссертационной работы и ее научной значимости. Считаю, что представленная диссертация «Фурье-оптика фрактальных структур» соответствует специальности 1.3.6. «Оптика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определённым пп. 2.1–2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям, и оформлена согласно приложениям № 8 и 9

«Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», а её автор — Кубанов Рустам Татарханович — заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.6. «Оптика».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры математики физического факультета  
Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Боголюбов Александр Николаевич

«12» февраля 2025 г.

Контактные данные:

Телефон: +7 (495) 939-48-59

E-mail: kaf-math@physics.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена докторская диссертация:

05.13.18 — «Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ»

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Адрес места работы:

119991, г. Москва ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

Телефон: +7 (495) 939-31-60; e-mail: info.ff@org.msu.ru

«Подпись Боголюбова Александра Николаевича ЗАВЕРЯЮ»:

Учёный секретарь учёного совета  
физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
д.ф.-м.н., доцент

С.Ю. Стремоухов