

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Смолиной Екатерины Олеговны
«Структура и динамика локализованных состояний в линейных и нелинейных топологических
фотонных решетках», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 Радиофизика

Тематика диссертационной работы Екатерины Олеговны Смолиной «Структура и динамика локализованных состояний в линейных и нелинейных топологических фотонных решетках» является актуальной в контексте активного развития фотонных технологий. Рассмотрены вопросы управления светом, его локализацией и излучением в реалистичных фотонных решетках на основе волноводов и метаповерхностей с топологическими особенностями зонных структур и с учетом влияния оптических нелинейностей. Интерес к подобным структурам обусловлен их необычными свойствами, проявляющимися в существовании компактных трансмиссионных краевых каналов для световых сигналов на границе структурированных материалов с повышенной спектральной устойчивостью к определённого рода возмущениям и помехам, а также в формировании структурированного света и сингулярного излучения из субволновых структур. Это стимулировало развитие топологической фотоники как с точки зрения фундаментальной науки, так и в прикладных разработках, с 2009 года.

Научная новизна и значимость данной работы заключается в выявлении ряда ранее не описанных эффектов в топологических фотонных системах. В частности, впервые описан нелинейный эффект укручения профиля краевых импульсов, поддерживаемых и направляемых вдоль топологическими доменными стенками (краевых каналов), в фотонных решетках, а также выявлена устойчивость краевых волн к длинноволновым возмущениям при превышении критической интенсивности. Кроме того, впервые предложен и обоснован метод определения топологических фаз посредством анализа инкремента развития модуляционной неустойчивости объёмных мод и нелинейной динамики. Особый интерес представляет оригинальное аналитическое описание локализованного углового состояния и его радиационных характеристик в гибридной метаповерхности, подтверждённое экспериментально.

Екатерина Олеговна проявила интерес к освоению методов машинного обучения. В ходе сотрудничества с группой ННГУ, были предложены методы диагностики и реконструкции эффективных моделей фотонных решеток с помощью алгоритмов машинного обучения. В частности, для классификации конфигураций фотонных решеток с радиационными потерями была создана нейронная сеть, определяющая их топологические особенности по экспериментально измеряемым распределениям интенсивности. Кроме того, разработан оригинальный алгоритм получения эволюционного уравнения для огибающей краевого импульса,

распространяющегося вдоль топологической доменной стенки, основанный на методе разреженной регрессии по данным численного моделирования или экспериментальных наблюдений. В отличие от традиционных асимптотических методов, основанных на определенных предположениях и иерархии масштабов, методы машинного обучения могут обеспечить большую гибкость и точность в прогнозировании характеристик различных материалов. Разработанный подход восстановления эффективных уравнений динамики волновых пакетов в сложных структурированных оптических материалах представляет практическую ценность и может быть применен при создании более совершенных фотонных устройств.

В ходе выполнения диссертационного исследования были развиты навыки владения как математическим аппаратом теоретической физики, так и современными численными методами. Екатерина Олеговна продемонстрировала ответственный подход к задачам, способность эффективно изучать новый материал и применять полученные знания и умения к актуальным в теоретической фотонике проблемам. Была освоена способность к конструктивному взаимодействию в обсуждениях и работе в составе научной группы. Екатерина Олеговна успешно выступала с докладами на научных семинарах и конференциях (сессии Совета РАН по нелинейной динамике в 2020 и 2021 гг., конференции с международным участием: SPb-POEM-2021, SpbOPEN в 2022 и 2023 гг., всероссийские конференции по фотонике: «Енисейская фотоника»-2022, «Невская фотоника»-2023, школа-конференция по искусственному интеллекту AIRI 2022, и форум молодых учёных СНГ «Наука без границ»-2022), что отражает её способность уверенно представлять результаты перед профессиональной аудиторией. Исследования в рамках поставленных задач были поддержаны Фондом развития теоретической физики и математики «БАЗИС». По результатам проведённых исследований было опубликовано 7 статей в международных журналах (Phys. Rev. A, Phys. Rev. B, Phys. Rev. Research (x2), Phys. Rev. Lett., Nanophotonics, Nature Communications).

Таким образом, представляемая диссертационная работа обладает значительной научной новизной и актуальностью, содержит оригинальные результаты, тема работы исследована достаточно полно. Использование различных методов — от аналитических подходов до численного моделирования и машинного обучения — в сочетании с их взаимной проверяемостью и дополняемостью обеспечивает высокое качество и достоверность результатов. Уровень компетентности соискателя как самостоятельного научного работника можно считать сформировавшимся.

Считаю, что диссертационная работа Смолиной Екатерины Олеговны «Структура и динамика локализованных состояний в линейных и нелинейных топологических фотонных

решетках» соответствует требованиям ВАК, а автор достоин присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4-радиофизика.

Научный руководитель
старший научный сотрудник отд. 170 ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук
Смирнова Дарья Александровна *Смирнова*
25.09.2025 год

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46

Телефон (831) 416-49-35

Адрес электронной почты das@ipfran.ru

Подпись Д.А. Смирновой удостоверяю.

Ученый секретарь ИПФ РАН

кандидат физико-математических наук



И. В. Корюкин