

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 999.141.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16 марта 2018 г. № 40

О присуждении Чеховскому Игорю Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численное моделирование нелинейных волновых эффектов в связанных волноводах» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 01 декабря 2017 г., протокол № 38, диссертационным советом Д 999.141.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, ИВТ СО РАН, пр. Ак. Лаврентьева, 6, Новосибирск, Россия, приказ Минобрнауки России от 09 ноября 2012 г. № 717/нк.

Соискатель Чеховской Игорь Сергеевич, 1990 года рождения. В 2014 году окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению подготовки «Механика и математическое моделирование». В 2018 году оканчивает аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», работает лаборантом-исследователем в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

Диссертация выполнена на кафедре математического моделирования механико-математического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

Научный руководитель – чл.-корр. РАН, доктор физико-математических наук, профессор Федорук Михаил Петрович, ректор федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

Официальные оппоненты

Цветков Владимир Борисович, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией активных сред твердотельных лазеров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, г. Москва;

Денисов Владимир Иванович, гражданин РФ, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научный центр волоконной оптики Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Бирюковым Александром Сергеевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим теоретическим сектором Научного центра волоконной оптики РАН, указала, что диссертация Чеховского И.С. полностью соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а сам соискатель заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 14 опубликованных научных работ (в скобках в числителе указан общий объем этого типа публикаций в печатных листах, в знаменателе — объем принадлежащий лично автору), из которых 4 статьи (4.125 п.л./3.55 п.л.) опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для представления основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора или кандидата наук, а 10 работ опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций (1.8 п.л./1.5 п.л.). Также имеется 1 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в

Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Nonlinear pulse combining and pulse compression in multi-core fibers / A. M. Rubenchik, **I. S. Chekhovskoy**, M. P. Fedoruk et al. // Opt. Lett. – 2015. – Vol. 40, No. 5. – P. 721-724;

Чеховской, И. С. Использование аппроксимации Паде для решения систем нелинейных уравнений Шредингера с помощью метода расщепления по физическим процессам / И. С. Чеховской // Вычислительные технологии. – 2015. – Т. 20, № 3. – С. 99-108;

Nonlinear combining and compression in multicore fibers / **I. S. Chekhovskoy**, A. M. Rubenchik, O. V. Shtyrina et al. // Phys. Rev. A. – 2016. – Vol. 94. – P. 043848;

Numerical approaches to simulation of multi-core fibers / **I. S. Chekhovskoy**, V. I. Paasonen, O. V. Shtyrina, M. P. Fedoruk // Journal of Computational Physics. – 2017. – Vol. 334. – P. 31-44;

Nonlinear pulse combining and compression in multi-core fibers with hexagonal lattice / **I. S. Chekhovskoy**, A. M. Rubenchik, O. V. Shtyrina et al. // Photonics and Fiber Technology 2016 (ACOFT, BGPP, NP). – Optical Society of America, 2016. – P. NTh4A.5.

Помимо отзывов от оппонентов и ведущей организации на диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва (все отзывы положительные, из них 2 без замечаний). **Это отзывы от: 1) Захарова Ю.Н.** (д.ф.-м.н., профессор, КемГУ, г. Кемерово); **2) Блохина А.М.** (д.ф.-м.н., профессор, ИМ СО РАН, г. Новосибирск); **3) Шапеева В.П.** (д.ф.-м.н., профессор, ИТПМ СО РАН им. С.А. Христиановича, г. Новосибирск); **4) Мельникова Л.А.** (д.ф.-м.н., профессор, СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов).

В отзывах высказаны следующие критические замечания (приведены наиболее существенные):

- 1) Думается, диссертация заметно выиграла бы, если бы сравнение численных методов было проведено на большем числе сеток, а не только на специально подобранной их последовательности.

- 2) В работе отсутствуют результаты исследования устойчивости процесса сжатия к флуктуациям фаз начальных импульсов и временных задержек между ними для световодов с кольцевой симметрией расположения сердцевин.
- 3) Недостаточно полно исследовано влияние неоднородности геометрии как в поперечном, так и продольном направлениях, рассматриваемых многосердцевинных световодов на схему сжатия и сложения.
- 4) Поскольку для многосердцевинных световодов можно использовать самые различные конфигурации сердцевин, то возникает естественная потребность в проведении оптимизационных исследований (надо заметить, что определенные попытки в этом направлении уже были предприняты в диссертации).
- 5) Применение SSFM для нахождения приближенных решений системы (1) содержит один неприятный момент – вычисление матричной экспоненты для матрицы $\hat{D}(-i\omega)$, которая хотя и является постоянной, но содержит параметр ω и в случае коротковолновых возмущений вычисление матричной экспоненты для больших чисел N – трудная задача. Кроме того, существует еще одна проблема при вычислении $\exp[h\hat{D}]$ – это влияние ошибок округления на результат (дело в том, что в случае неэрмитовых матриц \hat{D} оценить количественно влияние ошибок округления практически невозможно).
- 6) В подробном литературном обзоре (Глава 1), к сожалению, приводятся только ссылки на работы, опубликованные после 2000 года. Тема линейного и нелинейного взаимодействия электромагнитных волн, распространяющихся по относительно близко расположенным волноводам, имеет значительно более долгую историю. Было бы хорошо посвятить этой истории несколько слов в литературном обзоре.
- 7) Желательно было бы провести сравнение обоих численных методов по минимальному времени достижения заданной точности вне зависимости от заданной сетки.
- 8) При выборе критерия определения точек сжатия (сложения) импульсов в разделе 2.в на стр. 55 фигурирует множитель M , подбираемый опытным

путем от значения 0.2 до 1. В тоже время на стр. 57 вводится коэффициент модуляции импульса, также обозначенный M . При этом его значение выбирается 0.3. Однако если учесть эту опечатку и, подставив численные значения в критерий 2.в ($M=0.2$ -минимальное значение), а коэффициент модуляции = 0.3, то простые оценки показывают, что критерий 2.в возможно необходимо ужесточить и минимальное значение M брать > 0.2 .

- 9) Очень интересными являются исследования возможности нелинейного сложения оптических импульсов с помощью 7-сердцевинного гексагонального волокна в одной из периферийных сердцевин. Однако для практического применения в устройстве для пространственно-временного мультиплексирования не хватает детального анализа влияния как флуктуаций фаз начальных импульсов, так и учета временных задержек между импульсами.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью тематики исследования оппонентов и ведущей организации к теме диссертации Чеховского И.С., а также тем, что результаты, полученные за последние годы оппонентами и в ведущей организации, публикуются в ведущих мировых журналах по тематике диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

проведено исследование нелинейных волновых эффектов, возникающих в многосердцевинных световодах при распространении по ним оптических импульсов. Впервые с помощью математического моделирования продемонстрирована возможность использования многосердцевинных световодов в качестве основы устройства для сокращения временной длительности оптических импульсов, а также для нелинейного сложения мощности импульсов, вводимых в каждую сердцевину. Предложенная технология открывает новые перспективы для генерации сверхкоротких лазерных импульсов большой мощности;

разработано обобщение метода расщепления по физическим процессам, включающее вычисление матричной экспоненты в частотной области с помощью аппроксимации Паде для решения систем линейно-связанных нелинейных уравнений Шредингера (НУШ), которые используются для моделирования

распространения света вдоль многосердцевинных волокон. Данный метод превосходит конечно-разностные схемы в скорости и точности вычислений при малом размере системы связанных НУШ;

обобщена компактная диссипативная схема с итерациями для решения систем линейно связанных НУШ. Данная разностная схема имеет повышенный порядок аппроксимации и обладает абсолютной устойчивостью.

предложенные численные алгоритмы позволяют решать системы связанных НУШ с линейными связями любого вида;

предложена программная реализация на основе библиотеки Intel MKL представленных численных методов, распараллеленная с помощью технологии OpenMP.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (с получением обладающих новизной результатов) использован разработанный программный комплекс моделирования распространения оптического излучения в многосердцевинных световодах с различным расположением сердцевин;

изложены элементы теории предложенных численных методов, численные алгоритмы, их программная реализация;

показана возможность использования нелинейных эффектов, возникающих в многосердцевинных световодах, при распространении вдоль них мощных оптических импульсов, для нелинейного сложения и сжатия данных импульсов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны обобщения двух численных алгоритмов для решения систем связанных НУШ, использующихся при моделировании нелинейной динамики оптического поля в связанных световодах;

разработан программный комплекс моделирования многосердцевинных световодов, позволяющий проводить численное моделирование нелинейных эффектов в многосердцевинных оптических волокнах с различными конфигурациями сердцевин; программный комплекс использовался в исследованиях, проводимых в рамках гранта РФФИ 14-21-00110 "Моделирование сложных нелинейных лазерных и телекоммуникационных систем"(2014-2016 гг.),

гранта Министерства образования и науки РФ 14.B25.31.0003 "Физическая платформа нелинейных фотонных технологий и систем"(2013-2017 гг.).

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается:

строгостью математических доказательств;

использованием проверенных на практике научных методов и алгоритмов математического моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в участии в постановке задач; построении, теоретическом и практическом исследовании предложенных численных методов; проведении вычислительных экспериментов; обработке и интерпретации полученных численных результатов; реализации численных методов в виде комплекса программ; проведении на его основе моделирования для решения задач поиска наиболее эффективных режимов сжатия и сложения оптических импульсов; представлении материала и подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 16 марта 2018 г. диссертационный совет принял решение **присудить Чеховскому И.С. ученую степень кандидата физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за — 19, против — 0, недействительных бюллетеней — 0.

Председатель

диссертационного совета

академик



Шокин Юрий Иванович

Шокин Юрий Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

к.ф.-м.н.

Лебедев Александр Степанович

Лебедев Александр Степанович

«21» марта 2018 г.