

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор-
проректор по научной работе РУДН
доктор медицинских наук,
профессор, член корр. РАН



А.А. Костин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН) на основании решения, принятого на заседании кафедры прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Диссертация «Символьно-численное исследование поляризованного электромагнитного излучения в волноведущих системах» выполнена на кафедре прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Кройтор Олег Константинович 1992 года рождения, гражданин РФ, в 2017 году окончил с отличием магистратуру Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ННГУ) по специальности 09.04.03 «Прикладная информатика» и в 2018 году поступил в очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» по профилю 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», которую окончил в 2022 г.

С 2022 г. по настоящее время работает ассистентом на кафедре Прикладной информатики и теории вероятностей ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов».

Документ о сдаче кандидатских экзаменов и диплом об окончании аспирантуры выдан в 2022 году в РУДН.

Научный руководитель – Малых Михаил Дмитриевич, доктор физико-математических наук, доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов».

Научный руководитель был утвержден на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН 19.02.2019 протокол №0201-08/08.

Название темы диссертационного исследования в окончательной редакции было утверждено на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН 16.12.2022 протокол №0201-08/05.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы. Диссертационная работа Кройтора О.К. посвящена разработке и реализации в системе компьютерной алгебры Sage численно-аналитических методов исследования распространения монохроматических поляризованных волн оптического диапазона в направляющих структурах.

Ряд прикладных задач, среди которых первой следует назвать передачу информации по оптическому волокну, требуют развития методов исследования все более детальных математических моделей, описывающих распространение монохроматических волн в направляющих структурах. При учете векторного характера электромагнитного излучения в рассматриваемых диэлектриках, возникают сложные задачи, не принадлежащие к какому-либо известному типу. Поэтому исследование моделей распространения волн в направляющих структурах в полной электромагнитной постановке представляет собой актуальную задачу,

требующую или развития новых методов решения ранее неисследованных математических задач, или новых форм записи задач, подпадающих под известные методы.

На кафедре прикладной информатики и теории вероятностей ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» математическим моделям теории оптических волноводов были посвящены докт. дисс. М.Д. Малых (научный консультант — Л.А. Севастьянов, 2018 г.) и две канд. дисс. Д.В. Дивакова и А.А. Тютюнник (научный руководитель — Л.А. Севастьянов). Диссертация О.К. Кройтора развивает методы, предложенные в диссертации М.Д. Малых.

В диссертации Кройтора О.К. решена задача моделирования распространения монохроматических поляризованных волн оптического диапазона в направляющих структурах численно-аналитическими методами. Были рассмотрены характерные задачи, возникающие в теории оптически изотропных и анизотропных сред, а именно:

1. Разработан метод сведения исследования нормальных модых закрытого волновода с оптически неоднородным заполнением без диссипации к исследованию спектра самоспряженной матрицы. На основе этого метода разработан численный метод решения построения дисперсионной кривой волновода с оптически неоднородным заполнением без диссипации и реализовать его в виде комплекса программ в СКА Sage. Разработанная программа была верифицирована на примерах, в которых возникают гибридные моды.

2. Разработан численно-аналитический метод исследования алгебраической модели поверхностных волн Дьяконова, он был реализован в виде комплекса программ в СКА Sage. При этом решение системы алгебраических уравнений, описывающих поверхностные волны Дьяконова, и исследованной ранее численно Бикеевым О.Н., описано аналитически в радикалах.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в том, что Кройтор О.К., работая в коллективе соавторов:

- исследовал систему алгебраических уравнений, описывающих волну Дьяконова в СКА, и решил ее в радикалах;
- самостоятельно разработал метод и реализовал программное обеспечение для расчета дисперсионной кривой волновода, заполненного оптически неоднородным, но изотропным веществом, на основе оригинальной идеи, предложенной его научным руководителем;
- провел серию численных экспериментов в Sage и дал интерпретацию их результатов.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Обоснованность результатов диссертации опирается на теоретические исследования, все оригинальные теоремы, используемые в тексте диссертации, и их доказательства были опубликованы в рецензируемых журналах. Везде, где это возможно, проводилось сравнения полученного численного решения с аналитическими решениями, что подтверждает достоверность результатов. Результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на международных конференциях ИТНТ-2020, Самара, PCA'2020 и PCA'2021, Санкт-Петербург, Ломоносов 2021, Москва, ЛаПлаз-2021, Москва, 22nd Workshop on Computer Algebra, Дубна, ЛИТ, ОИЯИ, 24–24 мая 2021 г., SFM'21, Саратов, всероссийских конференциях с международным участием ИТТМ'2019, РУДН, SST-2020 и SST-2021, Московский Политех, а также на научном семинаре «Математические методы в естественных науках» под рук. проф. А.Н. Боголюбова (МГУ, февраль 2023 г.).

Новизна результатов проведенных исследований.

- В рамках полной электромагнитной модели закрытого волновода, заполненного оптически неоднородным веществом, разработан метод

исследования нормальных мод. Этот метод, как и в докт. дисс. М.Д. Малых, сводит исследование нормальных мод волновода к исследованию спектра самосопряженной матрицы, но в отличие от метода, предложенного в докт. дисс. М.Д. Малых, учитывает гибридизацию мод.

- Решение системы алгебраических уравнений, описывающих поверхностные волны Дьяконова, и исследованной ранее численно О.Н. Бикеевым, описано аналитически в радикалах.

Теоретическая и практическая значимость проведенных исследований. Решение системы уравнений, описывающее поверхностные волны Дьяконова, в символьном виде будет полезно в дальнейших теоретических исследованиях поверхностных волн, в т.ч. проводимых в РУДН в группе проф. Л.А. Севастьянова. Эти результаты используются в курсе «Компьютерная алгебра» как удачный пример, демонстрирующий сильную сторону техники базисов Грёбнера.

Отыскание самосопряженной постановки спектральной задачи теории волноводов существенно упрощает расчеты характеристик волноводов, заполненных оптически неоднородным веществом. Эта постановка используется в РУДН в группе проф. Л.А. Севастьянова и может быть полезна для группы проф. А.Н. Боголюбова в МГУ. Следует также заметить, что эта постановка открывает новые возможности для исследования задачи о волноводной дифракции, которые еще предстоит исследовать.

Ценность научных работ соискателя. В рамках диссертационного исследования Кройтора О.К.:

- предложен новый подход к вычислению дисперсионной кривой закрытого волновода со многими жилами, в рамках задачи он сводится к задаче на собственные значения самосопряженной матрицы;
- найдено решение алгебраической системы уравнений, описывающей волну Дьяконова, в символьном виде.

Специальность, которой соответствует диссертация. Диссертация выполнена в соответствии с паспортом специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и включает оригинальные результаты, направленные на развитие миметических методов в их приложении к задачам теории направляющих систем. В соответствии с п. 1 паспорта специальности в диссертации разработаны новые математические методы моделирования объектов и явлений — численно-аналитические методы моделирования волн Дьяконова и построения дисперсионных кривых закрытых многожильных волноводов. В соответствии с п. 3 проведена разработка, обоснование и тестирование эффективных числительных методов — новых методов моделирования направляющих оптических систем — с применением современных компьютерных технологий. В соответствии с п. 4 паспорта реализованы эффективные численные методы и алгоритмы решения актуальных задач теории направляющих систем в электродинамике и организации вычислений по этим алгоритмам в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения серии численных экспериментов.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Основные результаты по теме диссертации изложены в 15 печатных изданиях, 4 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК, 2 — в периодических научных журналах, индексируемых Scopus, 9 — в тезисах докладов. Программное обеспечение, разработанное в рамках диссертационного исследования зарегистрировано, рег. № 2023611606. Основные положения и результаты диссертации отражены в следующих опубликованных работах:

1. Kroytor, O. K. Kinematic support modeling in Sage [Text] / O. Kroytor, M. Malykh, S. Karnilovich // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. — 2020. — Vol. 28, no. 2. — P. 141—153.
2. Kroytor, O.K. Investigation of the existence domain for Dyakonov surface waves in the Sage computer algebra system [Text] / O. Kroytor // Discrete

- and Continuous Models and Applied Computational Science. —2021. — Vol. 29, no. 2. — P. 114—125.
3. Kroytor, O.K. On involutive division on monoids [Text] / O. Kroytor, M. Malykh // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. — 2021. — Vol. 29, no. 4. — P. 387—398.
 4. Kroytor, O. K. The penetration modeling of flat obstacles in Ansys Autodyn program. [Text] / O. K. Kroytor // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2019. — Vol. 675.
 5. Кройтор, О.К. Моделирование кинематических опор в Sage [Текст] / О. Кройтор, М. Малых, Л. Севастьянов // Новые технологии высшей школы. Наука, техника, педагогика. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. — 2020. — С. 52—59.
 6. Кройтор, О.К. Моделирование кинематических опор при сейсмостойком строительстве [Текст] / О. Кройтор // Материалы, технологии и техника для освоения Арктики и Сибири: Сборник тезисов III международной конференции, Томский государственный университет. г. Томск. — 2019. — С. 56.
 7. Кройтор, О. К. Моделирование пробивания плоских преград в Ansys Autodyn [Текст] / О. К. Кройтор // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высоко технологичных систем: материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, РУДН, 15–19 апреля 2019 г. — 2019. — С. 454—457.
 8. Kroytor, O.K. Surface electromagnetic waves [Text] / O. Kroytor, O. Bikeev, M. Malykh // International Conference Polynomial Computer Algebra '2020; St. Petersburg, October 12–17, 2020, Euler International Mathematical Institute, — 2020. — P. 92—94.
 9. Кройтор, О.К. Поверхностные электромагнитные волны [Текст] / О. Кройтор, М. Малых // Лазерные, плазменные исследования и

- технологии - ЛАПЛАЗ-2021, Москва, 23–26 марта 2021 года. — 2021. — С. 116—117.
10. Кройтор, О.К. Исследование поверхностных электромагнитных волн в CAS Sage [Текст] / О. Кройтор // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021». — 2021.
 11. Кройтор, О.К. Моделирование сейсмоизолирующей опоры [Текст] / О. Кройтор, М. Малых, Л. Севастьянов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020). Сборник трудов по материалам VI Международной конференции и молодежной школы. В 4-х томах. Под редакцией В.А. Соболева. - Том. 3. Математическое моделирование физико-технических процессов и систем. — 2020. — С. 878—883.
 12. Кройтор, О.К. Исследование поверхностных электромагнитных волн в CAS Sage [Текст] / О. Кройтор // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021». — 2021.
 13. Baddour, A. Dynamical systems with a quadratic right-hand side [Text] / A. Baddour, O. Kroytor, M. Malykh, L. Sevastianov // International Conference Polynomial Computer Algebra '2021; St. Petersburg, April 19 – 24, 2021, Euler International Mathematical Institute, — 2021. — URL: <https://pcapdmi.ru/2021/>
 14. Кройтор, О. К. О нормальных модах волновода [Текст] / О. К. Кройтор, М. Д. Малых, Л. А. Севастьянов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2022. – Т. 62, № 3. – С. 403-420. – DOI 10.31857/S0044466922030085. – EDN FORVAT.
 15. Кройтор, О.К. О дисперсионной кривой волновода, заполненного неоднородным веществом [Текст] / О. Кройтор, М. Малых // Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. - 2022. - Т. 30. - №4. - С. 330-341. doi: [10.22363/2658-4670-2022-30-4-330-341](https://doi.org/10.22363/2658-4670-2022-30-4-330-341)

В написанных в соавторстве работах основные результаты, представленные в диссертации, получены Кройтором О.К. лично.

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Диссертационная работа Кройтора О.К. рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Заключение принято на заседании кафедры прикладной информатики и теории вероятностей факультета физико-математических и естественных наук Российского университета дружбы народов.

Присутствовало на заседании 34 чел.

Результаты голосования: «за» – 34 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел. Протокол № 0200-19-04/09 от 14.03.2023.

Председательствующий на заседании:

заведующий кафедрой прикладной информатики

и теории вероятностей,

доктор технических наук, профессор

К.Е. Самуйлов

Подпись К.Е. Самуйлова удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета

факультета физико-математических

и естественных наук РУДН



И.С. Зарядов