

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»,
доктор технических наук, доцент
А.В. Коржов
«21» февраля 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Диссертация Лута Александра Валерьевича «Численно-аналитические методы и алгоритмы восстановления параметра внешнего воздействия для одного класса математических моделей упругости, акустики и гидродинамики» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук выполнена на кафедре прикладной математики и программирования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

В период подготовки диссертации соискатель Лут Александр Валерьевич работал в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» на кафедре прикладной математики и программирования в должности ассистента с 2018 года по 2021 год и в должности старшего преподавателя с 2022 года по настоящее время. В 2017 году соискатель поступил и в 2021 году окончил очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». С 2019 года по 2021 год находился в должности лаборанта-исследователя управления научной и

инновационной деятельности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» выполняя научный проект «Исследование обратных задач для уравнений соболевского типа второго порядка» гранта РФФИ № 19-31-90137 «Аспиранты».

В 2015 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению 010100 «Математика», в 2017 году с отличием окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению 01.04.01 «Математика».

Тема диссертации утверждена на заседании Совета Института естественных и точных наук (протокол № 03 от 22.11.2021 г.).

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2021 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Замышляева Алена Александровна, директор института естественных и точных наук, заведующий кафедрой прикладной математики и программирования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

По результатам рассмотрения диссертации «Численно-аналитические методы и алгоритмы восстановления параметра внешнего воздействия для

одного класса математических моделей упругости, акустики и гидродинамики» принято следующее заключение.

Актуальность темы и направленность исследования

Многие теоретические и практические задачи требуют построения и использования методов и алгоритмов математического моделирования. Математическое моделирование позволяет описать поведение различных процессов или явлений, в том числе тогда, когда натурные эксперименты либо невозможны, либо ресурсозатратны, либо не безопасны. В некоторых задачах важно определить не только состояние системы, но и некоторые ее параметры, например, восстановить параметр внешнего воздействия, так как с помощью него можно определить, в частности допустимую нагрузку на объект исследования или ее влияние на поведение объекта в дальнейшем в различных условиях.

Диссертационная работа посвящена разработке численно-аналитических методов и алгоритмов восстановления параметра внешнего воздействия для математических моделей Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкциях из стержней и ионно-звуковых волн в плазме. Математическая модель Буссинеска – Лява может описывать различные процессы и явления, например, распространение волн на мелкой воде. Исследование обратной задачи для этой математической модели поможет избежать негативных последствий «абразии» на прибрежные мелководные порты. Исследование второй математической модели позволяет описать продольные колебания в конструкциях из стержней, примерами, которых являются «фермы» (опорные элементы конструкций), а также волноводы. Изучение обратной задачи для математической модели ионно-звуковых волн в плазме позволит проводить мониторинг объектов, находящихся в околоземной космической плазме. В связи с этим актуальна разработка методов и алгоритмов решения так называемых обратных задач.

Рассматриваемые математические модели построены на уравнениях соболевского типа высокого порядка. Ранее проводились исследования

обратных задач для уравнений соболевского типа первого порядка. Так, например, А.А. Баязитовой были получены результаты исследования обратной задачи для математической модели Хоффа по восстановлению параметров, характеризующих свойства материала. С.Н. Шергин исследовал обратные задачи для математических моделей первого и второго порядка. Однако только в невырожденном случае. Обратные задачи по восстановлению параметра внешнего воздействия для трех математических моделей Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкциях из стержней и ионно-звуковых волн в плазме ранее не рассматривались. Кроме того, диссертационное исследование актуально для дальнейшего развития обратных задач, связанных с другими математическими моделями, например, колебаний вращающейся вязкой жидкости; гравитационно-гироскопических и внутренних волн; звуковых волн в смектиках, ионно-звуковых волн в «незамагниченной» плазме.

Таким образом, разработка новых аналитических и численных методов и алгоритмов исследования обратных задач для трех математических моделей Буссинеска – Лява, продольных колебаний в стержнях и ионно-звуковых волн в плазме является актуальной.

Научная новизна

В области математического моделирования: получены новые аналитические методы исследования обратной задачи для трех математических моделей: Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней, ионно-звуковых волн в плазме во внешнем магнитном поле;

В области численных методов: разработаны новые алгоритмы численных методов нахождения приближенного решения обратных задач для трех математических моделей: Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней и ионно-звуковых волн в плазме во внешнем магнитном поле.

В области комплексов программ: разработаны комплексы программ по нахождению приближенного решения, включающего восстановление параметра внешнего воздействия, для математических моделей: Буссинеска – Лява в стержне, продольных колебаний в конструкции из стержней, по нахождению потенциала электрического поля и восстановления потенциала магнитного поля в математической модели ионно-звуковых волн в плазме.

В области системного анализа, управления и обработки информации: построена информационно-логическая модель исследования обратных задач для математических моделей высокого порядка с целью проектирования исследования, формализации задач и представления о проблематике исследования; проведена обработка информации на основе вычислительных экспериментов по восстановлению параметра уравнения для трех исследуемых математических моделей.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Результаты диссертационного исследования носят теоретический и практический характер. В рамках *теоретической значимости* впервые решены задачи поиска условий существования и единственности решения обратных задач, включающих восстановление параметра внешнего воздействия, для трех математических моделей, основанных на уравнениях соболевского типа высокого порядка, в которых оператор при старшей производной может быть вырожден. Полученные результаты развивают теории уравнений соболевского типа, обратных задач и относительно полиномиально ограниченных пучков операторов.

Практическая значимость исследования обуславливается построением новых численных методов по обработке информации для нахождения решений обратных задач и разработкой комплексов программ для математических моделей Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней, ионно-звуковых волн в плазме во внешнем магнитном поле, применимых для решения актуальных практических задач. Так, результаты исследования математической модели Буссинеска – Лява

применимы для предотвращения последствий влияния абразии, а результаты исследования ионно-звуковых волн, порождаемых объектами, находящимися в околоземном пространстве, позволит избежать негативных последствий.

Степень достоверности результатов проведенных соискателем исследований

Достоверность научных результатов и выводов обеспечены корректным использованием методов математического моделирования, системного анализа, полученные результаты подтверждаются строгими математическими доказательствами, согласованием результатов вычислительных экспериментов с теоретическими положениями. Все результаты представлены и апробированы на научных конференциях и семинарах. Результаты и выводы не противоречат ранее полученным результатам других авторов. Все результаты, выносимые на защиту, опубликованы.

Ценность научных работ соискателя ученой степени

Материалы диссертации полностью представлены в работах, опубликованных соискателем.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК Минобрнауки России и статьи, опубликованные в научных журналах и изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science:

1. Zamyshlyayeva, A.A. Numerical investigation of the Boussinesq – Love mathematical models on geometrical graphs / A.A. Zamyshlyayeva, A.V. Lut // Bulletin of the South Ural State University. Series: mathematical modelling, programming and computer software. – 2017. – V. 10, № 2. – P. 137–143. (BAK, Web of Science, Scopus) (7 с. / 4 с.)

2. Zamyshlyayeva, A.A. Inverse problem for Sobolev type mathematical models / A.A. Zamyshlyayeva, A.V. Lut // Bulletin of the South Ural State University. Series: mathematical modelling, programming and computer

software. – 2019. – V. 12, № 2. – P. 25–36. (BAK, Web of Science, Scopus) (12 c. / 6 c.)

3. Zamyshlyayeva, A.A. Inverse problem for the Boussinesq – Love mathematical model / A.A. Zamyshlyayeva, A.V. Lut // Semigroups of operators – theory and applications. – 2020. – V. 325. – P. 427–434. (Scopus) (8 c. / 4 c.)

4. Lut, A.V. Numerical investigation of the inverse problem for the Boussinesq – Love mathematical model / A.V. Lut // Journal of computational and engineering mathematics. – 2020. – V. 7, № 3. – P. 45–59. (BAK)

5. Zamyshlyayeva, A.A. Inverse problem for incomplete Sobolev type equation of higher order / A.A. Zamyshlyayeva, A.V. Lut // Differential equations and control processes. – 2021. – № 3. – P. 71–84. (BAK, Scopus) (14 c. / 7 c.)

6. Lut, A.V. Numerical investigation of the inverse problem for the Boussinesq – Love mathematical model on a graph / A.V. Lut, A.A. Zamyshlyayeva // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2021. – V. 8, № 3. – P. 71–85. (BAK) (15 c. / 8 c.)

7. Zamyshlyayeva, A. Inverse problem for the Sobolev type equation of higher order / A. Zamyshlyayeva, A. Lut // Mathematics. – 2021. – V. 9. – 1647. (Web of Science, Scopus) (13 c. / 7 c.)

8. Zamyshlyayeva, A.A. Processing of information on recovery of the external force parameter for the mathematical model of ion-acoustic waves in plasma / A.A. Zamyshlyayeva, A.V. Lut // Journal of computational and engineering mathematics. – 2022. – V. 9, № 1. – P. 59–72. (BAK) (14 c. / 7 c.)

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

9. Моделирование продольных колебаний в элементах конструкции из тонких упругих стержней: Свидетельство № 2017616658 / Лут А.В. (RU), Замышляева А.А. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)». – 2017613618; заявл. 20.04.2017; зарегистр. 09.06.2017, реестр программ для ЭВМ.

10. Программный комплекс для моделирования продольных колебаний в тонком упругом стержне с возможностью восстановления внешней

нагрузки на стержень: Свидетельство № 2020660939 / Лут А.В. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)». – 20200660072; заявл. 08.09.2020; зарегистр. 15.09.2020, реестр программ для ЭВМ.

11. Программный комплекс для моделирования продольных колебаний в элементах конструкций из двух тонких упругих стержней с восстановлением коэффициента внешней нагрузки: Свидетельство № 2022610567 / Лут А.В. (RU), Замышляева А.А. (RU); правообладатель Лут А.В. – 2021666112; заявл. 05.10.2021; зарегистр. 13.01.2022, реестр программ для ЭВМ.

12. Обработка информации при моделировании ионно-звуковых волн в плазме с восстановлением параметра воздействия внешнего магнитного поля: Свидетельство № 2022616514 / Лут А.В. (RU), Замышляева А.А. (RU); правообладатель ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)». – 2022616271; заявл. 13.04.2022; зарегистр. 13.04.2022, реестр программ для ЭВМ.

Другие публикации

13. Zamyshlyayeva, A.A. Boussinesq – Love mathematical model on a geometrical graph / A.A. Zamyshlyayeva, A.V. Lut // Journal of computational and engineering mathematics. – 2015. – V. 2, № 2. – P. 82–97. (16 с. / 8 с.)

14. Лут, А.В. Математическая модель Буссинеска – Лява на геометрическом графе / А.В. Лут, А.А. Замышляева // Молодой исследователь: материалы 3-й научной выставки-конференции научно-технических и творческих работ студентов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2016. – Т. 1. – С. 161–168. (8 с. / 4 с.)

15. Лут, А.В. Решение обратной задачи второго порядка для математической модели Буссинеска – Лява / А.В. Лут // Уфимская осенняя математическая школа: сборник тезисов Международной научной конференции, 2019. – С. 140–142.

16. Lut, A.V. Inverse problem for Sobolev type equation of the second order / A.V. Lut, A.A. Zamyshliaeva // International online conference «One-parameter semigroups of operators», Nizhny Novgorod, 2021. – С. 123–125. – URL: https://nnov.hse.ru/data/2021/04/10/1392438863/OPSO_2021_book_of_abstracts_v10.pdf (дата обращения: 04.05.2022). (3 с. / 2 с.)

17. Лут, А.В. Исследование обратных задач для уравнений соболевского типа второго порядка / А.В. Лут, А.А. Замышляева // Научные разработки ЮУрГУ – 2020: альманах. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – С. 28–29. – URL: https://www.susu.ru/sites/default/files/book/almanah_2020.pdf (дата обращения: 04.05.2022). (2 с. / 1 с.)

18. Lut, A.V. Inverse problem for incomplete sobolev type equation of higher order and application / A.V. Lut, A.A. Zamyshliaeva // International online conference «One-parameter semigroups of operators», Nizhny Novgorod, 2022. – С. 83–85. – URL: https://nnov.hse.ru/data/2022/02/22/1749107215/OPSO_2022_book_of_abstracts_v10.pdf (дата обращения: 04.05.2022). (3 с. / 2 с.)

19. Лут, А.В. Исследование обратных задач для уравнений соболевского типа второго порядка / А.В. Лут, А.А. Замышляева // Научные разработки ЮУрГУ – 2021: альманах. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – С. 106–107. – URL: <https://disk.yandex.ru/i/5wzh5HzsDwQfOg> (дата обращения: 04.05.2022). (2 с. / 1 с.)

В диссертацию включены только результаты, полученные Лутом Александром Валерьевичем. Они не затрагивают интересы соавторов в представленных публикациях. Научному руководителю Замышляевой А.А. принадлежит общая постановка задачи исследования.

*Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов,
изложенных в диссертации*

Диссертант самостоятельно разработал теоретические положения и алгоритмы, выносимые на защиту, провел анализ степени разработанности проблемы, написал комплекс программ, провел обработку информации на основе вычислительных экспериментов по определению состояния систем и

восстановлению параметров моделей, провел верификацию полученных результатов на основе имитационного моделирования, разработал дальнейшие рекомендации. Все научные результаты опубликованы, и апробированы. Полученные результаты, выносимые на защиту, приведены в следующем разделе.

Соответствие диссертации специальностям

На защиту выносятся результаты диссертационного исследования, соответствующие специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ:

- в рамках развития качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей получены новые аналитические методы исследования обратной задачи для трех математических моделей: Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней, ионно-звуковых волн в плазме во внешнем магнитном поле;

- в рамках разработки, обоснования и тестирования эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий получены новые алгоритмы численных методов для нахождения приближенного решения и восстановления параметра внешнего воздействия для трех математических моделей: Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней, ионно-звуковых волн в плазме во внешнем магнитном поле с проведением вычислительных экспериментов и определением точности нахождения решения;

- в рамках реализации эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента написаны: программа для моделирования продольных колебаний в элементах конструкции из тонких упругих стержней; программный комплекс для моделирования продольных колебаний в тонком упругом стержне с возможностью восстановления внешней нагрузки на стержень; программный комплекс продольных

колебаний в элементах конструкций из двух тонких упругих стержней с восстановлением коэффициента внешней нагрузки.

Кроме того, на защиту выносятся результаты диссертационного исследования, соответствующие специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации:

- в рамках формализации и постановки задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации построена информационно-логическая модель предметной области исследования обратных задач для математических моделей соболевского типа высокого порядка;

- в рамках разработки специального математического и программного обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации написана программа для обработки информации при моделировании ионно-звуковых волн в плазме с восстановлением параметра воздействия внешнего магнитного поля.

Таким образом, получены оригинальные результаты в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, а также в области системного анализа, управления и обработки информации, а исследуемые модели относятся к различным предметным областям. Это позволяет сделать вывод о соответствии диссертации специальностям 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней. Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертация «Численно-аналитические методы и алгоритмы восстановления параметра внешнего воздействия для одного класса

математических моделей упругости, акустики и гидродинамики» Лута Александра Валерьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научным специальностям 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры прикладной математики и программирования ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

ПРИСУТСТВОВАЛИ: зав. кафедрой, директор Института естественных и точных наук Замышляева А.А., д.ф.-м.н., проф.; ст. преподаватель Абдрахимова Д.И.; доцент Алексеева Е.Ю., к.х.н., доц.; доцент Беседин А.А., к.т.н., доц.; доцент Богатырева Е.А., к.ф.-м.н.; доцент Бунова Е.В., к.т.н., доц.; доцент Геренштейн А.В. к.ф.-м.н., доц.; доцент Геренштейн Е.А., к.т.н.; доцент Демидов А.К.; доцент Дрозин Д.А., к.э.н.; доцент Елсаков С.М., к.ф.-м.н.; профессор Зюляркина Н.Д., д.ф.-м.н., доц.; доцент Карпета Т.В., к.ф.-м.н.; доцент Катаргин М.Ю., к.т.н., доц.; ст. преподаватель Мидоночева Н.С.; доцент Муравьева Н.В., к.п.н.; ст. преподаватель Ножкина Т.Г.; доцент Оленчикова Т.Ю., к.т.н.; ст. преподаватель Сартасова М.Ю.; ст. преподаватель Сурин В.А.; ст. преподаватель Сурина А.А.; в.н.с. Тырсин А.Н., д.т.н, проф.; доцент Чеботарёв С.С., к.ф.-м.н.; ст. преподаватель Шелудько А.С.; соискатель Лут А.В.

ПРИГЛАШЕНЫ: зав. кафедрой «Информационно-измерительная техника», ректор Шестаков А.Л., д.т.н., проф.; в. н. с. федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова» Сибирского отделения Российской академии наук Лакеев А.В., д.ф.-м.н., проф.; профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» Магнитогорского государственного технического университета им. Н.И. Носова

Кадченко С.И., д.ф.-м.н, проф.; зав. кафедрой «Математическое и компьютерное моделирование» Загребина С.А., д.ф.-м.н., проф.; зав. кафедрой «Математический анализ и методика преподавания математики» Дильман В.Л., д.ф.-м.н., доц.; профессор кафедры «Математический анализ и методика преподавания математики» Карачик В.В., д.ф.-м.н.; зав. лабораторией «Неклассические уравнения математической физики», профессор кафедры «Уравнения математической физики» Свиридюк Г.А., д.ф.-м.н., проф.; зав. кафедрой «Уравнения математической физики» Манакова Н.А., д.ф.-м.н., доц.; доцент кафедры «Уравнения математической физики» Бычков Е.В., к.ф.-м.н., доц.; доцент кафедры «Уравнения математической физики» Шафранов Д.Е., к.ф.-м.н., доц.

Результаты голосования: «за» – 35 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 5 от «16» февраля 2022 г.



Загребина Софья Александровна
председатель заседания кафедры,
доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой
математического и компьютерного
моделирования

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Россия, 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, д. 76, zagrebina.s.a@susu.ru
тел.: +7(351)267-90-47, <https://ietn.susu.ru/matmod/>



Подпись Загребина С.А. удостоверяю
Начальник управления
по работе с кадрами И.И. Минакова