

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Лута Александра Валерьевича «Численно-аналитические методы и алгоритмы восстановления параметра внешнего воздействия для одного класса математических моделей упругости, акустики и гидродинамики», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

В диссертационной работе Александра Валерьевича Лута на основе теории уравнений соболевского типа высокого порядка разработаны численно-аналитические методы восстановления параметра внешнего воздействия для трех математических моделей упругости, акустики и гидродинамики:

I. Модель Буссинеска – Лява, описывающая продольные колебания в тонком упругом стержне при внешней нагрузке, распространение волн на мелководье и некоторые другие процессы;

II. Модель продольных колебаний в конструкции из стержней в виде конечного связного графа при внешней нагрузке;

III. Модель ионно-звуковых волн в плазме во внешнем магнитном поле.

В работе в рамках системного анализа применен метод информационно-логического моделирования, что позволило выделить общие закономерности и особенности исследуемых моделей и более точно построить методику исследования и процесс организации программных продуктов. Алгоритмы численных методов реализованы в виде комплекса программ. Проведена обработка информации по восстановлению параметра внешнего воздействия на основе вычислительных экспериментов с верификацией полученных результатов. Исследование проводилось при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований № 19-31-90137.

1. Актуальность темы исследования.

Численно-аналитические исследования математических моделей Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней, ионно-звуковых волн в плазме являются актуальными в связи с их применимостью для, например, генерации, передачи или усиления сигнала в акустических преобразователях, а также определения объектов, находящихся в околоземной космической плазме. Применение методов математического моделирования и системного анализа позволяет восстановить параметр внешнего воздействия для предсказания дальнейшего поведения объекта или явления, опи-

сываемого исследуемыми математическими моделями. Системное изучение математических моделей соболевского типа высокого порядка является актуальным, позволяя найти условия на начальные данные и параметры математических моделей, при которых обратная задача однозначно разрешима. Аналитическим исследованиям прямых задач для такого рода уравнений посвящены работы множества исследователей, например, А. Favini, R.E. Showalter, Г.А. Свиридюка, А.Г. Свешникова, М.О. Корпусова, а обратные задачи исследовались С.Г. Пятковым, А.В. Уразаевой, Н.Д. Ивановой и другими. В основе исследований лежат современные подходы системного анализа, математического моделирования, обратных задач, последовательных приближений, полиномиально ограниченных пучков операторов. Исходя из выше сказанного, актуальность диссертационной работы А.В. Лута не вызывает сомнений.

2. Научная новизна исследований и основных результатов.

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

В области комплексов программ. 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. В области системного анализа: 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 по восстановлению параметров внешнего воздействия на основе вычислительных экспериментов по восстановлению параметра уравнения для трех исследуемых математических моделей.

3. Степень обоснованности и достоверности основных положений

И ВЫВОДОВ.

Изучение научных публикаций предшественников и построение информационно -логической модели исследования позволили А.В. Луту получить объективное представление о состоянии изучаемой проблемы, определить цель и соответствующие ей задачи, а также методы исследования. Научные положения и полученные результаты обоснованы корректной формулировкой и использованием строгих доказательств утверждений, представленных в диссертационном исследовании.

4. Вклад автора и апробация.

Все результаты диссертации получены автором самостоятельно. Эти результаты и вспомогательные материалы с ссылками на источники подробно изложены в тексте диссертации с иллюстрациями в виде таблиц, графиков и диаграмм, которые очень помогают пониманию сути дела. Представленные основные работы не затрагивают интересы соавторов. Научному руководителю А.А. Замышляевой принадлежит общая постановка задачи исследования. Апробация полученных результатов подтверждается участием на различных конференциях и семинарах по теме исследования. Результаты работы опубликованы в 19 работах, в том числе: 6 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертационного исследования; 3 статьи, индексируемые базой Web of Science; 5 статей, индексируемых базой Scopus; 2 свидетельства о регистрации программ; 2 свидетельства о регистрации программных комплексов для ЭВМ.

5. Содержания диссертации.

Диссертационная работа А.В. Лута является законченной научно- исследовательской работой, которая выполнена на актуальную тему, имеет как теоретическое, так и практическое значение. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка обозначений и литературы, а также, четырех приложений. Объем работы – 172 страницы, а библиографический список – 125 наименований. Текст диссертации хорошо структурирован.

Во *введении* обоснована актуальность темы исследования, представлены цель, задачи, теоретическая и практическая значимости, методы исследования, научная новизна, степень разработанности, достоверность результатов, положения, выносимые на защиту, и апробация с указанием ссылок на все публикации по теме исследования. *Первая глава* посвящена построению информационно-логической модели исследования обратных задач, которая позволила определить объекты исследования, выбрать используемые методы и алгоритмы для формализации задач и представления о пробле-

матике исследования. Далее показан вывод из физических законов исследуемых математических моделей Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней и ионно-звуковых волн в плазме во внешнем магнитном поле. Показана однозначная разрешимость прямых задач для указанных математических моделей. *Вторая глава* полностью посвящена исследованию восстановления параметра внешнего воздействия для математической модели Буссинеска – Лява: сформулирована и доказана теорема о существовании и единственности решения; разработан алгоритм численного метода, который был реализован в среде Maple на примере тонкого, упругого стержня; приведены примеры обработки информации по восстановлению параметра $q(t)$ внешнего воздействия; полученные результаты верифицированы на основе метода имитационного моделирования. *Третья глава*, аналогично второй, полностью посвящена исследованию восстановления параметра внешнего воздействия для математической модели продольных колебаний в стержне. Сформулирована и доказана теорема об существовании и единственности решения этой математической модели. Разработан алгоритм численного метода, который был реализован в среде Maple для некоторых конструкций, представленных в виде графа. Приведены примеры обработки информации по восстановлению параметра внешнего воздействия. Полученные результаты также верифицированы и сходимость разработанного метода для получения точного численного решения. *Четвертая глава* посвящена исследованию восстановления параметра воздействия внешнего магнитного поля для математической модели ионно-звуковых волн в плазме. Приведены теоремы об однозначной разрешимости обратной задачи для уравнения соболевского типа высокого порядка и математической модели ионно-звуковых волн. Разработан алгоритм численного метода, реализованный в Maple. Приведены примеры обработки информации по восстановлению параметра внешнего воздействия. В *заключении* представлены итоги выполненного исследования в соответствии с поставленной целью, задачами и дальнейшие перспективы разработки темы исследования.

Основные вопросы и замечания по работе. В результате чтения диссертационной работы автор отзыва сделал несколько замечаний:

1. Неудачные обозначения, так как на странице 124 символом обозначается определенный треугольник Δ , а в остальных местах в том числе списке обозначений и сокращений Δ это оператор Лапласа. В ряде случаев (см. например с. 71) для упрощения восприятия выражение для функции $v(x, t)$ следовало бы записывать в виде суммы слагаемых вида $\alpha_i e^{\beta_j t}$, а коэффициенты слагаемых α_i , β_j записывать в виде таблиц;

2. Недостаточно полно исследован вопрос о выборе необходимого количества слагаемых галеркинской суммы для достижения необходимой точности решения;

3. Из описания программ и программных комплексов не понятно, происходит ли проверка введенных данных на корректность или можно их задавать произвольно, и главное, чтобы выполнялись условия теоремы; на всех рисунках, представляющих графики решения отсутствуют стрелки направлений осей координат;

4. В описаниях программ и программных комплексов указаны используемые функции, но не приведено подробного примера их использования;

5. Присутствуют небольшие опечатки и неточности.

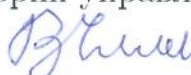
Указанные замечания не снижают значимость проведенного исследования и не влияют на общую положительную оценку работы.

5. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения научных степеней

Диссертация А.В. Лута представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой имеется решение актуальной научной задачи по разработке новых аналитических, численных методов и алгоритмов исследования обратных задач для математической модели Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней и ионно-звуковых волн в плазме, которая позволит определить не только состояние системы, но и параметр внешнего воздействия для предотвращения процессов абразии на прибрежные мелководные районы, для генерации и улучшения сигналов в акустических преобразователях, а также для укрепления опорных конструкций сооружений. Основные ее результаты полностью опубликованы в профильных авторитетных научных изданиях. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей (п. 2); разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий (п. 3); реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплекса проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента (п. 4); и паспорта специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации (п. 4).

Автореферат полностью отражает содержание и основные положения диссертации, вынесенные на защиту.

Считаю, что в диссертационной работе «Численно-аналитические методы и алгоритмы восстановления параметра внешнего воздействия для одного класса математических моделей упругости, акустики и гидродинамики» решены задачи, имеющие научное и практическое значение для специальностей 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, и в полной мере отвечает пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, а ее автор Лут Александр Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник,
главный научный сотрудник
Института динамики систем и теории управления
им. В.М. Матросова СО РАН  В.Ф. Чистяков

Чистяков Виктор Филимонович, e-mail: chist@icc.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова» СО РАН,
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 134,
тел. (3952) 45-30-29, сайт: <http://www.icc.irk.ru/ru>,
факс: (3952) 51-16-16,
e-mail: idstu@icc.ru



Подпись заверяю
Нач. отдела делопроизводства
и организационного обеспечения
ИДСТУ СО РАН

Г.Б. Кононенко