

**ОТЗЫВ**  
**официального оппонента на диссертационную работу**  
**Луга 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**

**1. Актуальности темы исследования.** Диссертационная работа А.В. Луга посвящена аналитическому и численному исследованию обратных задач для ряда математических моделей упругости, акустики и гидродинамики с условиями переопределения, заданными в виде интеграла или скалярного произведения. Под обратной задачей здесь понимается нахождение коэффициентной, зависящей от времени функции  $q(t)$  в правой части уравнения, отвечающей за величину нагрузки, создаваемую внешними силами. Исследуемые модели редуцируются к обратной задаче Коши для дифференциального уравнения высокого порядка соболевского типа – не разрешенного относительно старшей производной по времени. Актуальность и практическая значимость исследования проявляется в прогнозировании поведения объекта при вариации воздействия на него внешней нагрузки, определении допустимой/критической нагрузки на моделируемый объект, в управлении поведением объекта посредством задания необходимого уровня внешней нагрузки на него.

В диссертации проведено исследование математических моделей: Буссинеска – Лява, описывающих процессы распространения мелкой волны, продольные колебания в тонком упругом стержне с учетом инерции; продольных колебаний в конструкции из стержней; процессов распространения ионно-звуковых волн в плазме. Для рассматриваемых моделей исследования позволяют определять параметры внешних воздействий для предотвращения процессов абразии на прибрежные мелководные районы, для улучшения сигналов в акустических преобразователях, а также для упрочнения опорных конструктивных сооружений.

Результаты работы могут найти применение в теоретических и практических исследованиях университетов и научно-исследовательских организаций.

Вышесказанное позволяет сделать вывод об актуальности диссертационного исследования.

## **2. Научная новизна основных результатов.**

В области математического моделирования. Получены новые аналитические методы исследования обратных задач для рассматриваемых математических моделей. Для моделей Буссинеска – Лява, продольных колебаний в конструкции из стержней и распространения ионно-звуковых волн в плазме во внешнем магнитном поле доказана однозначная разрешимость редуцированных задач для уравнений соболевского типа.

В области численных методов. Разработаны оригинальные численные алгоритмы нахождения приближенных решений 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. Для рассмотренных математических моделей, на основе разработанных алгоритмов, созданы авторские комплексы программ по нахождению приближенного решения, включающего восстановление параметра внешнего воздействия.

В области системного анализа. Построена информационно-логическая модель исследования обратных задач для дифференциальных уравнений высокого порядка с целью формализации задач и проектирования исследования; проведены вычислительные эксперименты и сделан анализ результатов восстановления параметров внешнего воздействия для исследуемых математических моделей.

**3. Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов.** Обоснованность и достоверность подтверждаются строгой постановкой задач, строгими математическими доказательствами, согласованностью всех проводимых вычислительных экспериментов, корректным использованием методов математического моделирования и системного анализа. Методы исследования основаны на современных методах математического моделирования, дифференциального и функционального анализа.



Представленные в работе результаты были опубликованы в 19 работах, из которых 6 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 5 статей, индексируемых базой Scopus, 3 статьи, индексируемые базой Web of Science, 4 свидетельства о регистрации программ и программных комплексов для ЭВМ.

Диссертационное исследование проводилось при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-31-90137.

**4. Общая оценка содержания диссертации.** Диссертация А.В. Лута является законченной научно-исследовательской работой на актуальную тему и имеет важное теоретическое и практическое значение. Исследуемые обратные задачи имеют существенное значение для различных областей геофизики, гидродинамики, акустики и прочности инженерных конструкций. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка обозначений и условных обозначений, списка литературы, а также четырех приложений. Объем работы составляет 172 страницы, библиографический список содержит 125 наименований.

Введение обосновывает актуальность, цель и задачи, теоретическую и практическую значимость, методологию и методы исследования, научную новизну, степень разработанности темы, достоверность результатов, апробацию и положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена вопросам системного анализа предметной области с применением метода информационно-логического моделирования, построения математических моделей и исследования вопроса однозначной разрешимости прямых задач для них.

Вторая, третья и четвертая главы диссертации представляют результаты численно-аналитического исследования обратных задач для следующих математических моделей: Буссинеска – Лява; продольных колебаний в конструкции из стержней, представленной в виде задачи на графе; ионно-звуковых волн в плазме.

Для каждой из обратных задач сформулированы и доказаны теоремы об однозначной разрешимости, разработан численный алгоритм, реализованный программно в среде Maple, приведены вычислительные эксперименты по восстановлению параметра внешнего воздействия, проведена верификация полученных результатов.

Заключение содержит итоги выполненного исследования в соответствии специальностям 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, а также указаны дальнейшие перспективы разработки темы исследования.

## **5. Основные вопросы и замечания по работе.**

1. На рис. 1.1.1 (стр.22) диссертации приведена «Контекстная диаграмма процесса работы с задачами для математических моделей» с пояснениями для ее блоков (стр. 21). Блоки 2 – «Математическая модель» и 3 – «Постановка задачи (возможно обратной)» следует поменять местами. Схемы такого типа с названиями «Этапы решения задачи на ЭВМ», или «Этапы моделирования» и т.п., достаточно часто встречаются в учебной литературе для высшей школы (см., например, Горностаева Т.Н., Горностаев О.М. Математическое и компьютерное моделирование. Учебное пособие – М.: Мир науки, 2019. – Сетевое издание. Режим доступа: <https://izd-mn.com/PDF/50MNNPU19.pdf> , стр. 25. или Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учебное пособие – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 112 с, стр.40.). Все они полагают, что после наблюдения за объектом/процессом сначала идет содержательная постановка задачи с определением цели, выдвижением гипотез, общих подходов к ее решению, и лишь затем – формализация и построение математических моделей (прямых или обратных в зависимости от поставленных целей и задач), но не наоборот.

2. Описанию разработанного комплекса программ в диссертации уделено недостаточно внимания. Здесь следовало бы показать: схему вызова процедур и функций; описание имен и типов входных/выходных параметров подпрограмм; форматы файлов данных для вводимых и вычисленных выводимых переменных. Из работы не ясно, каков интерфейс пользователя в разработанных программах, также отсутствует руководство пользователя по применению комплекса.

3. Для входных данных рассмотренных вычислительных примеров не приведены проверки выполнения всех условий однозначной разрешимости задач, требуемых в соответствии с формулировками доказанных теорем.



4. В тексте автореферата не поясняется, что является регулярной, а что – сингулярной задачей для исследуемых математических моделей, хотя в тексте диссертации эта информация имеется.

5. В работе содержатся ряд опечаток и неточностей, например, на странице 17 диссертации указано, что в работе три приложения, хотя по факту их четыре.

Вместе с тем, указанные замечания не снижают научной и практической значимости исследований.

**6. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней.** Диссертационная работа Александра Валерьевича Лута представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная задача. Полученные результаты соответствуют научным специальностям 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: в рамках развития качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей; в рамках разработки, обоснования и тестирования эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий; в рамках реализации эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента, 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика: в рамках формализации и постановки задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации; в рамках разработки специального математического и программного обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

Автореферат достоверно отражает содержание и основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Считаю, что диссертационная работа на тему «Численно-аналитические методы и алгоритмы восстановления параметра внешнего воздействия для одного класса математических моделей упругости, акустики и гидродинамики» соответствует пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,

предъявляемым к кандидатским диссертациям, 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, статистика.

**Доктор физико-математических наук, 05.13.18,  
профессор, профессор кафедры информатики  
и компьютерных технологий  
Санкт-Петербургского горного университета**

24.08.2022 **В.Н. Кризский**

*Кризский Владимир Николаевич,*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»,  
кафедра информатики и компьютерных технологий, сайт: <https://www.spmi.ru/>,  
адрес: 199106, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, д. 2.,  
телефон: +7 (812) 328-82-10, e-mail: krizskiy\_vn@pers.spmi.ru .

*Подпись Кризского В.Н.*

24 АВГ 2022



*А.В. Бобров*

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ  
С ПЕРСОНАЛОМ**

*А.В. БОБРОВ*