

Отзыв
официального оппонента на диссертацию
Манаковой Натальи Александровны
«Аналитическое и численное исследования оптимального управления в
полулинейных моделях гидродинамики и упругости»,
представленной на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертационная работа Н.А. Манаковой посвящена аналитическому и численному исследованиям оптимального управления в математических моделях математической физики для процессов упругости, гидродинамики и электродинамики и, описываемых вырожденными полулинейными уравнениями.

Полулинейные управляемые процессы, по сравнению с линейными, более адекватно описывают практически значимые приложения, но, в отличие от линейных, мало изучены.

Аналитические решения такого типа начально-краевых задач соболевского типа, с неразрешенной по времени производной в уравнении, зачастую не возможны. Приближенные решения требуют разработки и реализации новых численных методов и алгоритмов. В диссертации, на основе теоретических результатов исследования, строятся численные алгоритмы решения задач управления для полулинейных уравнений соболевского типа, которые реализуются в виде комплекса компьютерных программ.

1. Актуальность темы исследования

Разработка эффективных аналитических и численных методов исследования оптимального управления процессами, описываемыми начальными или начально-краевыми задачами для полулинейных вырожденных неклассических уравнений математической физики, обусловлена необходимостью решения задач практики, требованиями достоверной интерпретации реальных данных.

Целью диссертационной работы является математическое моделирование, аналитическое и численное исследования оптимального управления в полулинейных задачах математической физики, применительно к задачам гидродинамики, теории упругости, электродинамики; разработка и обоснование

эффективных численных методов их решения; построение алгоритмов и их реализация в виде комплекса программ.

Рассмотренные в работе задачи представляют научный теоретический и прикладной интерес. Тема исследования, несомненно, является **актуальной**.

2. Научная новизна исследований и основных результатов

К новым научным результатам, являющимся заслугой автора диссертации, можно отнести:

- впервые предложенный общий метод исследования полулинейных математических моделей для задач оптимального управления задач Коши и Шоултера-Сидорова для уравнений соболевского типа с билинейным оператором, s -монотонным и p -коэрцитивным оператором; необходимые условия существования оптимального управления.

- алгоритмы численных методов, на основе методов Галеркина, декомпозиции и покоординатного спуска с памятью, построения приближенных решений полулинейных моделей; обоснование сходимости приближенных решений к точному решению;

- оригинальный комплекс программ автора для приближенного численного решения задач Коши и Шоултера-Сидорова для полулинейных моделей соболевского типа; задач оптимального управления для них на основе методов декомпозиции и многомерного покоординатного спуска с памятью.

3. Степень обоснованности и достоверности основных положений и выводов

Степень обоснованности изложенных в работе результатов обеспечивается строгими математическими доказательствами всех утверждений, приведенных в диссертации. Доказательства изложены четко и ясно.

Достоверность научных положений подтверждается строгой постановкой задач, строгими математическими доказательствами формулируемых утверждений, результатами проведенных вычислительных экспериментов. Методы исследования основаны на современных методах математического моделирования, функционального анализа, теории оптимального управления.

4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта

Научная значимость результатов диссертации заключается в построении завершенной теории оптимального управления для полулинейных моделей соболевского типа с билинейным оператором и s -монотонным p -коэрцитивным оператором, доказательстве достаточных условий существования слабого обобщенного решения задачи Коши или Шоултера-Сидорова для таких уравнений.

Вкладом в теорию оптимального управления служат доказательства существования оптимального управления и сходимости приближенных решений к точному решению в предложенном методе решения.

Разработанные автором численные алгоритмы решения задач и, на их основе, программный комплекс, сориентированы на решение практических задач гидродинамики, электродинамики и теории упругости.

Результаты работы могут найти применение в теоретических и практических изысканиях университетов и научно-исследовательских организациях, таких как: Московский ГУ им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский ГУ, Новосибирский ГУ, Белгородский ГУ, Башкирский ГУ, Югорский ГУ, Южно-Уральский ГУ, Институт механики УНЦ УрО РАН, Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН и других.

5. Достоинства и недостатки по содержанию и оформлению диссертации

Представленная к защите диссертационная работа Н.А. Манаковой по теоретическому уровню, глубине научной разработки, а также по практическим результатам может оцениваться как работа, имеющая важное научное значение, в которой решена научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение.

Диссертация Н.А. Манаковой является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему и имеющей важное теоретическое и практическое значение.

Автореферат полностью отражает содержание работы, оформление которой соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к докторским диссертациям.

Основные результаты выполненной работы нашли отражение в 31

публикации автора в открытой печати, из которых: 16 – статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 1 – монография, 4 – свидетельства государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем диссертационной работы составляет 255 страниц. Библиография содержит 220 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении приводится историография вопроса, методология исследований. Делается постановка задачи. Обосновываются актуальность, научная новизна и практическая значимость работы. Формулируется цель, ставятся задачи исследования.

В первой главе приводятся построения математических моделей, которые при выборе соответствующих пространств, редуцируются к классу моделей соболевского типа с s -монотонным и p -коэрцитивным полулинейным оператором: модель Осколкова нелинейной фильтрации, модель динамики слабосжимаемой вязкоупругой жидкости, обобщенная математическая модель Хоффа, обобщенная модель деформации конструкции из двутавровых балок, модель распределения потенциала электрического поля в полупроводнике, обобщенная модель Буссинеска фильтрации жидкости. С троются фазовые пространства уравнений.

В второй главе рассматривается задача оптимального управления для абстрактных полулинейных уравнений соболевского типа. Исследуется разрешимость задач Коши и Шоултера-Сидорова для динамического и эволюционного случаев; доказаны теоремы существования и единственности задач, сходимости приближенных решений к точному. Исследуется разрешимость задач оптимального управления для задач Коши и Шоултера-Сидорова с s -монотонным и p -коэрцитивным полулинейным оператором; доказаны теоремы существования. Исследуется разрешимость задачи Шоултера-Сидорова для уравнения с билинейным оператором; доказаны теоремы существования и единственности решения. Исследуется разрешимость задачи оптимального управления для задач Шоултера-Сидорова для уравнения с билинейным оператором; доказаны теоремы существования решения.

В третьей главе исследуется задачи оптимального управления для математических моделей процессов деформации, фильтрации, электрического

поля: модели Осколкова нелинейной фильтрации, модели динамики слабосжимаемой вязкоупругой жидкости, обобщенной математической модели Хоффа, обобщенной модели деформации конструкции из двутавровых балок, модели распределения потенциала электрического поля в полупроводнике, обобщенной модели Буссинеска фильтрации жидкости

В четвертой главе строятся алгоритмы численного исследования задач оптимального управления на основе метода декомпозиции, метода штрафа, метода фазовых пространств, модификации метода Галеркина-Петрова, метода Ритца, покоординатного спуска с памятью. Приводится описание реализующих алгоритмы программ.

Пятая глава содержит описание вычислительных экспериментов.

В заключении приводятся выводы по результатам исследований.

Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

Замечания.

1. Основные результаты диссертационного исследования основаны на допущении, что $(I - Q)u$ не зависит от $t \in (0, T)$ (см. (1.3.4), (1.3.9), (1.6.6) и т.д.). В работе не указано, как проверить выполнение данного допущения для рассматриваемых задач практики.
2. Алгоритмы нахождения приближенного решения задачи Коши (стр. 155, этап 4; стр. 161, этап 3) содержат действия по проверке существования решения. В работе не описана процедура, осуществляющая эту проверку.
3. В обобщенных схемах алгоритмов (рис. 4.6.1, 4.6.2, 4.7.2 и др.) используется цикл наращивания m с пост-условием окончания, увеличивая любое введенное число галеркинских приближений m как минимум на 1. Но при вводе «достаточного» ($m > \dim \ker L$) числа галеркинских приближений, увеличение m не требуется.
4. На стр. 186 говорится, что приближенные решения задачи представлены в табл. 5.1.2 (с точностью до 10^{-6}), но таблица 5.1.2 содержит различные по количеству знаков значения. Не ясно, почему в таблице 5.1.2 $a_1(0) = -0.138777$, когда, согласно формуле для $x_0(s)$ на стр. 185, оно должно быть равно 1.

5. В работе нет анализа временны́х затрат на вычисления и скоростных характеристик процессора ЭВМ, на которой проводились вычислительные эксперименты.
6. В работе содержится ряд неточностей и опечаток, например:
 - 1) на стр.8 в формуле (0.0.5) вместо множества R необходимо указать R_+ ;
 - 2) на стр.10 сказано, что «фазовое пространство уравнения (0.0.8) в случае $k=1$ при $\alpha_1 \alpha_2 > 0$ есть ...», но, согласно формуле (0.0.8), при $k=1$ член с α_2 отсутствует.
 - 3) Формула для $x_{01}(s)$ (пример 5.1.4.) дает: $x_{01}(0)=2$. На графике же рис. 5.1.4 а) изображена функция $x_{01}(s)$, имеющая значение $x_{01}(0)=1$. И т.д.

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

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

Диссертация Н.А. Манаковой является законченной научно-квалификационной работой, соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: (п.2) развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей; (п.3) разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением компьютерных технологий; (п.4) реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что рецензируемая работа «Аналитическое и численное исследования оптимального управления в полулинейных моделях гидродинамики и упругости» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор – Манакова

Наталья Александровна — заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

**Доктор физико-математических наук, профессор
кафедры «Математическое моделирование»
Стерлитамакского филиала
Башкирского государственного университета
Министерства образования и науки России**



В.Н. Кризский

Кризский Владимир Николаевич
453103, г. Стерлитамак, пр. Ленина, д. 49,
тел.: (3473) 43-25-80,
e-mail: Krizsky@rambler.ru

Подпись заверяю:
заместитель начальника отдела
правового и кадрового обеспечения

Р.М. Батталов