

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кудоевой Фатимат Хусейновны
Математическое моделирование фазовых переходов при низкотемпературных
воздействиях на биоткани», представленной на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности 1.2.2 Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Разработка и применение математических моделей является одной из основных проблем во всех сферах человеческой деятельности, решению которой посвящено достаточно большое количество научных исследований. Решение проблемы требует нового концептуального подхода, который являлся бы обобщением богатого накопленного опыта в сфере математического моделирования. В связи с этим, тема диссертационной работы Кудоевой Ф.Х. в которой получены новые концептуальные результаты и методы математического моделирования фазовых переходов при низкотемпературных воздействиях на биологические ткани является актуальной.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ НАУЧНАЯ НОВИЗНА

1. Одномерные и двумерные математические модели низкотемпературного воздействия на биоткани, учитывающие индивидуальные различия в тепловых и биологических свойствах биотканей и формы инструментов для криовоздействия, позволяющие с высокой точностью прогнозировать температурные поля и зоны воздействия для персонализированных условий.
2. Математическая модель в виде матрицы коэффициентов теплопроводности, позволяющая оптимизировать параметры модели.
3. Гипотеза: Построение модели фильтрации шума, в которой для обработки и интерпретации ошибок применяется метод, основанный на комплексных статусных функциях, позволяет повысить точность и надежность моделирования теплового поведения биотканей и многослойных систем при низких температурах и фазовых переходах.
4. Конструктивные методы решения одномерных и двумерных задач с фазовыми переходами при низкотемпературном воздействии на биоткани, включая начально-краевые задачи для поля изотерм.
5. Леммы и теоремы, обеспечивающие существование и единственность решений задач с фазовыми переходами, базирующиеся на условиях монотонности и пространственной локализации решений. Оценка времени стабилизации решения к стационарному состоянию, что соответствует современным требованиям численных методов и вычислительных комплексов.
6. Адаптированные численные методы, позволившие получить приближённые решения уравнений фазовых переходов при низкотемпературном воздействии на биоткани. Особенностью подхода стало использование модифицированных методов с каноническими разложениями случайных функций.

7. Комплексы программ на основе математических моделей, алгоритмов и адаптированных численных методов. Эффективность и функциональность разработанных программных комплексов подтверждены свидетельствами программ для ЭВМ, выданными Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент).

ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Обоснованность результатов диссертационного исследования обоснована корректным использованием современного математического аппарата, включающего теорию дифференциальных уравнений, методы численного анализа, классические и асимптотические методы решения краевых задач, а также компьютерное математическое моделирование сложных физических и биологических процессов.

Достоверность результатов подтверждается использованием современных методик сбора и обработки исходной информации, а также совпадением с данными, представленными в литературе, при этом степень их соответствия составляет порядка 85–90%, что свидетельствует о высокой надежности и воспроизводимости полученных результатов.

ПУБЛИКАЦИИ И АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы, докладывались и обсуждались на профильных российских и международных конференциях.

По теме диссертации опубликовано более 90 научных работ, в том числе 23 рекомендованных ВАК РФ, 12 в международных базах цитирования Scopus и Web of Science, получено 6 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, 2 монографии.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Результаты диссертационной работы Кудаевой Ф.Х. имеют научную и практическую ценность как инструментарий при разработке модельных решений задач теплообмена и фазовых переходов в биологических тканях, численных методов для решения краевых задач с движущимися границами, а также компьютерных программ для симуляции низкотемпературных процессов в биомедицинских приложениях.

Разработанные модели позволяют:

- 1) эффективно организовать управление процессами теплообмена и фазовых переходов в биологических тканях
- 2) минимизировать термические повреждения окружающих тканей за счет оптимизации режимов низкотемпературного воздействия и точного учета физических свойств биоматериалов
- 3) осуществлять оперативный допусковый контроль и прогнозирование параметров теплообмена и структурных изменений биологических тканей

- 4) находить компромиссное решение по критериям минимизации термических повреждений и максимизации эффективности воздействия при моделировании низкотемпературных процессов в биоматериалах
- 5) оптимизировать маршрут восстановительных работ по результатам.

ЗАМЕЧАНИЯ

1. Сформулирована гипотеза п.3 Новизны с.7. В науке всегда любая гипотеза требует подтверждения. Что именно является доказательством или подтверждением гипотезы?
2. Проведен сравнительный анализ методов фильтрации шума на границе раздела фаз при низкотемпературном воздействии в контексте предложения с.33. Каков конкретный результат этого сравнения?
3. На стр.33 не совсем удачно использовано выражение «разработана концепция».
4. Имеются орфографические и стилистические опечатки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, которая представляет собой законченный научный труд, выполненный на высоком научном уровне, обладает новизной и актуальностью. В работе удачно выбраны методические подходы, основанные на нелинейных дифференциальных уравнениях для задач со свободными границами, математические методы, учитывающие особенности задач типа Стефана, задач для поля изотерм в соответствии с физическим смыслом и целевым содержанием решаемой проблемы, позволившие решить обозначенные задачи в соответствии с целью диссертационной работы.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема, имеющая важное значение, удовлетворяет всем требованиям пп.9-11, 13, 14 «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842 (ред. от 25.01.2024), предъявляемым к докторским диссертациям, представляет собой законченное научно-прикладное исследование, имеет теоретическое и практическое значения, соответствует паспорту специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а её автор Кудиева Фатимат Хусейновна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук.

Профессор кафедры «Вычислительные системы и технологии»

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
доктор технических наук, профессор

« 25 » ноября 2025г.

Почтовый адрес: 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина 24
тел: (831) 436 82 28, email: llomakina@list.ru

Подпись профессора *Ломакиной Любови Сергеевны* заверяю
Ученый секретарь Ученого совета Нижегородского государственного
технического университета им. Р.Е. Алексеева *И.Н. М.*

Л.С. Ломакина



И.Н. Мерзлякова