

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Ткачева Василия Константиновича

на тему: «Математическое моделирование процессов тепломассопереноса в локально равновесных и неравновесных условиях» по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» на соискание учёной степени кандидата технических наук

1. Актуальность темы.

Разработка адекватных математических моделей для процессов гидродинамики и теплообмена, протекающих в локально-неравновесных условиях, а также приближенных аналитических методов решения нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных с различными типами краевых условий являются востребованными для решения практических задач.

Поэтому тема диссертационной работы является актуальной.

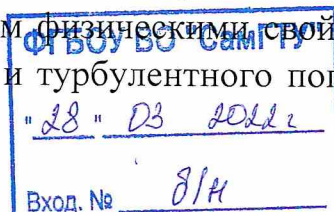
2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Содержащиеся в диссертации результаты имеют достаточный уровень обоснованности. Приведённые в работе результаты аналитических решений подтверждены сравнением с численными расчётами по известным алгоритмам.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Главными научными результатами диссертации являются полученные точные и приближенные аналитические решения стационарных двумерных задач теплопроводности с внутренними источниками теплоты; задач моделирования теплопроводности в твердых телах и теплообмена в жидкостях с переменными по координатам физическими свойствами среды; задач теплового и динамического ламинарного и турбулентного пограничных слоев.

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»:

В диссертации разработаны математические модели гидродинамики и теплообмена, полученные на основе модифицированных законов Ньютона и Фурье, учитывающих, в отличие от классических методов, скорости и ускорения движущих сил и вызываемых ими следствий. Эти положения соответствуют пункту 1: *Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений.*

В диссертации разработаны точные и приближенные аналитические методы для решения стационарных двумерных задач теплопроводности с внутренними источниками теплоты; задач моделирования теплопроводности в твердых телах и теплообмена в жидкостях с переменными по координатам физическими свойствами среды; задач теплового и динамического ламинарного и турбулентного погранич-



ных слоёв. Эти положения соответствуют пункту 2: *Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей.*

В диссертации разработаны комплексы программ для расчёта разработанных математических моделей процессов гидродинамики и теплопереноса. Это положение соответствует пункту 4: *Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.*

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Разработанные на основе теории двухфазного запаздывания математические модели локально-неравновесных процессов гидродинамики и теплообмена в жидкости позволили получить новые физические и теоретические данные об их протекании. Результаты работы были использованы при выполнении энергообследования объектов Самарского государственного технического университета; при проведении работ с ПАО «Т Плюс» по внедрению компьютерных моделей теплосетей. Экономический эффект, подтвержденный актами о внедрении, составляет 1,1 млн. руб.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Результаты диссертации могут быть использованы при расчёте трубопроводных сетей на предприятиях Российской Федерации, в частности, в Тамбовской ТЭЦ филиала ПАО «Квадра»-«Тамбовская генерация», г. Тамбов.

6. Оценка содержания диссертации, её завершённости. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, изложенного в выводах, списка использованных источников и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен обзор работ в избранном направлении исследований. По результатам обзора выявлены имеющиеся проблемы в данной предметной области.

Во второй главе разработаны методы точного и приближенного аналитического решения стационарной двумерной задачи теплопроводности для бесконечного прямоугольного бруса с источником теплоты. Точное аналитическое решение представляет бесконечную сумму ряда.

Возможность получения приближенных аналитических решений краевых задач с переменными физическими свойствами и источниками теплоты связана с использованием ортогонального метода Бубнова – Галеркина, являющегося универсальным, так как позволяет обходить трудности, связанные с различного рода нелинейностями в дифференциальных операторах краевых задач.

В третьей главе приводятся результаты решения краевой задачи по формированию профиля скорости при нестационарном течении жидкости с переменной по поперечной координате вязкостью. Дополнительные граничные условия были определены в таком виде, чтобы их выполнение искомым решением было эквивалентно выполнению уравнения в граничных точках. Показано (в том числе и через доказательство соответствующих теорем), что выполнение уравнения в точках границы приводит к его выполнению и внутри рассматриваемой области с точностью, зависящей от числа приближе-

ний (от числа используемых в данном приближении дополнительных граничных условий).

В четвёртой главе представлены результаты получения точного аналитического решения краевой задачи формирования нестационарного профиля скорости. В четвертой главе диссертации даны также основные положения, связанные с применением теории двухфазного запаздывания для разработки методов математического моделирования гидродинамики движущихся жидкостей с учетом релаксационных явлений. Разработаны математические модели гидродинамики и теплообмена, полученные на основе модифицированных законов Ньютона и Фурье, учитывающих, в отличие от классических методов, скорости и ускорения движущих сил и вызываемых ими следствий.

В пятой главе даны основные положения, связанные с разработкой математических моделей сложных трубопроводных сетей на основе электрогидравлической аналогии. Предложенный подход позволил сократить время вычислительных процедур на ЭВМ, т.к. коэффициент трения определялся не в результате длительного итеративного расчёта (известный классический способ), а по зависимостям, выведенным в оппонируемой работе. Существенное ускорение сходимости итераций было достигнуто ещё и благодаря использованию квадратичной зависимости в формуле увязочного расхода, определяемого в ходе каждой итерации.

Используя указанные алгоритмы, в диссертации приводятся результаты построения компьютерной модели теплосети централизованного теплоснабжения г. Саратова (от ТЭЦ-5 и ГРЭС). Приводятся также результаты разработки компьютерной модели для проекта объединения теплосетей ТЭЦ Волжского автомобильного завода (ТЭЦ ВАЗ) и Тольяттинской ТЭЦ (ТоТЭЦ).

Диссертация является завершённым научным исследованием.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом.

Диссертация изложена грамотным научным языком и оптимально структурирована.

Основные результаты диссертации опубликованы в 24 печатных работах, в том числе 5 статей – в журналах из перечня ВАК, 7 статей - в научных изданиях, индексируемых библиографическими и реферативными базами данных Web of Science и Scopus; получены 2 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ; имеется апробация на 9 Всероссийских и международных научных конференциях. Следует отметить как положительный фактор, что 2 публикации без соавторов. Результаты известны достаточно широкому кругу специалистов в области математического моделирования, численных методов и программирования.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертации.

1. Заявленная цель работы: «получение и анализ новых численно-аналитических решений математических моделей для задач теплопроводности в

твердых телах, а также гидродинамики и теплообмена движущихся жидкостей в локально равновесных и неравновесных условиях на основе теории «двухфазного запаздывания» не определяет, для чего это нужно. Возможно, для получения более точного решения, чем численными методами, но в заявленной цели это никак не отражено.

2. В главе 4 осуществлена модификация формул закона Фурье и закона Ньютона. Как следствие, получена новая (модифицированная) математическая модель. Однако экспериментальные исследования для проверки адекватности построенной математической модели в диссертации не приведены.

3. При помощи разработанных в диссертации точных и приближенных аналитических методов можно получать решения различных задач (стационарных двумерных задач теплопроводности с внутренними источниками теплоты; задач моделирования теплопроводности в твердых телах и теплообмена в жидкостях с переменными по координатам физическими свойствами среды; задач теплового и динамического ламинарного и турбулентного пограничных слоев) за более короткое время по сравнению с численными методами. Однако в выводах не приведено ни одного количественного сравнения с известными методами. Поэтому вопрос – для чего нужна данная разработка остаётся открытым.

4. В диссертации приведены акты внедрения результатов диссертационного исследования, из которых следует, что получен экономический эффект 1,1 млн. руб. Однако в автореферате приведено значение экономического эффекта 1,8 млн. руб.

5. В приложении приведены акты внедрения разработок автора с указанием экономического эффекта. Однако методика расчёта экономического эффекта ни в диссертации, ни в приложении к ней не приводится.

Отмеченные замечания несколько снижают качество изложения, но они не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации, поэтому оппонент считает возможным дать работе положительную оценку.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней.

Диссертация Ткачева Василия Константиновича является научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно-технические решения в области математического моделирования процессов тепломассопереноса в локально равновесных и неравновесных условиях, внедрение которых обеспечивает повышение производительности научной и производственной деятельности.

Диссертационная работа Ткачева Василия Константиновича на тему «Математическое моделирование процессов тепломассопереноса в локально равновесных и неравновесных условиях» соответствует паспорту специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и отвечает требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении учёных степе-

ней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Считаю, что автор диссертационной работы «Математическое моделирование процессов тепломассопереноса в локально равновесных и неравновесных условиях» заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Профессор кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» ФГБОУ ВО

«Тамбовский государственный

технический университет» д.т.н., проф.

392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106

тел. 8(4752)632601

E-mail polychem@list.ru

Юрий Владимирович Литовка

Специальности, по которым защищена диссертация д.т.н. Литовки Ю.В.:

05.13.07 - Автоматизация технологических процессов и производств;

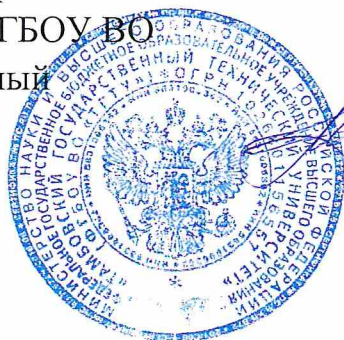
05.17.08 - Процессы и аппараты химической технологии.

Подпись Ю.В.Литовки заверяю

Учёный секретарь совета ФГБОУ ВО

«Тамбовский государственный

технический университет»



Г.В.Мозгова

21.03.2022

С отзывом ознакомлен

В.К. Тлачев

28.03.2022