

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.217.03, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.03.2021 г. № 1

о присуждении Еремину Антону Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методология моделирования тепломассопереноса, упругих колебаний и электромагнитных волн с учетом пространственно-временной нелокальности» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 16 декабря 2020 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 212.217.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, приказом Минобрнауки РФ № 714/нк от 2 ноября 2012 г.

Соискатель Еремин Антон Владимирович, 1988 года рождения, в 2010 году с отличием окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» по специальности «Тепловые электрические станции». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ на тему «Разработка численно-аналитических методов решения задач гидродинамики и теплообмена на основе параболических и гиперболических уравнений» защитил в 2013 году в диссертационном совете Д 212.217.03 при Самарском государственном техническом университете. Еремин Антон Владимирович сентября 2006 г. по настоящее время является штатным сотрудником ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». С 1 сентября 2019 г. по настоящее время работает в должности заведующего кафедрой «Промышленная теплоэнергетика». В период подготовки диссертации с февраля 2018 г. по январь 2020 г. соискатель Еремин Антон Владимирович обучался в очной докторантуре ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». Диссертационная работа выполнена на кафедре «Теоретические основы теплотехники и гидромеханика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор Кудинов Василий Александрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический универ-

ситет», кафедра «Теоретические основы теплотехники и гидромеханика», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1) Карташов Эдуард Михайлович – заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор физико – математических наук, профессор, профессор кафедры «Высшая и прикладная математика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва;

2) Кирсанов Юрий Анатольевич – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории «Теплофизика и волновые технологии» Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр российской академии наук», г. Казань;

3) Литовка Юрий Владимирович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)» (г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой «Вычислительная математика и программирование», к.ф.-м.н., доцентом Крыловым Сергеем Сергеевичем, заслуженным деятелем науки Российской Федерации, профессором кафедры «Вычислительная математика и программирование», д.ф.-м.н., профессором Формалевым Владимиром Федоровичем, профессором кафедры «Прикладная математика и физика», д.ф.-м.н., доцентом Колесником Сергеем Александровичем, и утвержденном проректором по научной работе, д.т.н., профессором Равиковичем Юрием Александровичем, указала, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена крупная научная проблема, имеющая важное значение в области математического моделирования локально-неравновесных процессов переноса.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, изложена ясным, технически грамотным языком. Автореферат и опубликованные работы отражают все основные положения диссертации. Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным действующим Положением о порядке присуждения ученых степеней ВАК, соответствует специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а ее автор, Еремин Антон Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Заключение содержит следующие замечания: 1) не указано существует ли критерий, позволяющий определить оптимальное число слагаемых в модифицированных балансовых соотношениях; 2) не дано обоснование выбора значений коэффициентов релаксации; 3) не выполнено подробное описание метода решения системы уравнений на стр. 144 и не ука-

зано количество слагаемых ряда (4.60), используемых при построении графиков изменения искомой функций перемещения; 4) не достаточно подробно описана методика экспериментального определения коэффициентов сопротивления и релаксации; 5) аппроксимация, устойчивость и сходимость численных методов решения сформулированных задач исследовались экспериментально при ограниченном количестве входных параметров.

Соискатель имеет 160 опубликованных работ, в том числе 45 статей опубликовано в международных журналах, индексируемых в базах цитирования Web of Science и/или Scopus; 43 статьи – в журналах из перечня ВАК. По результатам исследований изданы 2 монографии, 2 учебных пособия, зарегистрировано 12 программных комплексов для ЭВМ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Опубликованные работы отражают все основные положения диссертации. В работах, выполненных в соавторстве, указан вклад соискателя, который является определяющим в постановке проблем исследований, разработке методов математического моделирования, расчетной работе и анализе полученных результатов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Еремин А.В, Кудинов И.В., Кудинов В.А. Математическая модель теплообмена в жидкости с учетом ее релаксационных свойств // Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2016. № 1. С. 33 – 44. Авторский вклад – 0,45 п.л.

2. Еремин А.В. Методология моделирования локально-неравновесных процессов теплопроводности // Вестник Ивановского государственного энергетического университета, 2020. №2. С. 65 – 71.

3. Еремин А.В., Кудинов В.А., Стефанюк Е.В. Теплообмен в цилиндрическом канале при стабилизированном ламинарном течении жидкости // Прикладная математика и механика, 2018. 82. С. 31 – 43. Авторский вклад – 0,4 п.л.

4. Кудинов В.А., Еремин А.В., Кудинов И.В., Жуков В.В. Исследование сильнонеравновесной модели теплового воспламенения с учетом пространственно-временной нелокальности // Физика горения и взрыва, 2018. №6(54), с. 25–29. Авторский вклад – 0,1 п.л.

5. Кудинов И.В., Еремин А.В., Кудинов В.А., Довгялло А.И., Жуков В.В. Mathematical model of damped elastic rod oscillations with dual-phase-lag // International Journal of Solids and Structures, 2020. 200. Pp. 231 – 241. Авторский вклад – 0,2 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы официальных оппонентов. В отзыве Карташова Эдуарда Михайловича, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры «Высшая и прикладная математика» ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (г. Москва) содержатся следующие замечания: 1) не указано какие разностные схемы и методы оценки погрешности вычисления использовались при получении численного решения нелинейной задачи теплопроводности с учетом инерционности процесса переноса теплоты и зависимости теплофизических свойств от температуры; 2) не выполнен анализ влияния релаксационных слагаемых в граничных условиях третьего рода на критические

условия теплового взрыва и период индукции; 3) не выполнен анализ причин, приводящих к возникновению скачка температур в точке контакта слоев; 4) не приведены конкретные (в размерном виде) значения параметров математической модели, при которых реализуются безградиентные режимы охлаждения/нагрева жидкости; 5) не указано количество слагаемых в полученных автором решениях задач о продольных колебаниях упругого стержня с учетом пространственно-временной нелокальности; 6) недостаточно подробно описан механизм автоматизированной идентификации параметров при моделировании гидравлических режимов в трубопроводных системах.

В отзыве оппонента Кирсанова Юрия Анатольевича, д.т.н., доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории «Теплофизика и волновые технологии» федерального исследовательского центра «Казанский научный центр РАН» (г. Казань) приведены следующие замечания: 1) не уточнено, что применение классических аналитических методов и методов интегральных преобразований приводит к решениям в форме бесконечных рядов, содержащих функции Бесселя, лишь для цилиндрических тел; 2) допущена терминологическая неточность в определении коэффициента (времени) релаксации, используемого в классической гиперболической модели теплопроводности; 3) результаты, приведенные на рис. 2.7 не соответствуют краевым условиям решаемой задачи; 4) допущена терминологическая неточность в формулировке закона Фурье; 5) использованы внесистемные единицы измерения физических величин; 6) в задаче о нестационарном течении жидкости в канале принято допущение о стабилизированном режиме, не отражающее физической сущности исследуемого процесса; 7) не приведены графики, подтверждающие точность численного решения задачи о затухающих колебаний упругого стержня.

В отзыве Литовки Юрия Владимировича, д.т.н., профессора, профессора кафедры «Системы автоматизированной поддержки решений» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (г. Тамбов) приведены следующие замечания: 1) из формулировки цели диссертационного исследования неясно для чего требуется разрабатывать методологию моделирования процессов переноса с учетом пространственно-временной нелокальности, не указаны преимущества предложенных подходов; 2) неясно, по какой причине не были выполнены экспериментальные исследования для подтверждения теоретических результатов моделирования локально-неравновесных процессов теплопроводности, теплообмена в движущихся жидкостях, электромагнитных колебаний; 3) не указано для чего добавляются релаксационные слагаемые в рассматриваемые дифференциальные уравнения (теплопроводности, энергии, упругих колебаний, телеграфное уравнение); 4) не понятно, какое отношение к разработанной методологии математического моделирования локально-неравновесных процессов переноса имеют задачи исследования сложных многокольцевых трубопроводных систем, рассмотренные в главе 6; 5) не приводится методика расчета экономического эффекта от внедрения разработок автора; 6) не приведены количественные оценки полученных результатов, показывающие насколько предложенная методология превосходит известные.

На автореферат диссертации поступило 9 отзывов.

Отзыв заслуженного деятеля науки РФ, д.ф.-м.н., профессора Федорова В.А., профессора кафедры теоретической и экспериментальной физики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина» (г. Тамбов) содержит следующие замечания: 1) не указаны причины, по которым при моделировании локально-неравновесных процессов переноса не использовался разработанный в диссертации программный модуль для ANSYS; 2) в задаче о теплообмене в жидкости (25) – (31) не приводится выражение для определения дополнительной искомой функции во втором приближении.

Отзыв д.ф.-м.н., профессора Вельмисова П.А., зав. кафедрой «Высшая математика» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск) содержит следующие замечания: 1) не указано, из каких соображений определяется число слагаемых в модифицированных уравнениях сохранения энергии; 2) автореферат не содержит результатов решения краевых задач, сформулированных в третьей главе диссертации, в графическом виде; 3) из текста автореферата не ясно, выполнялся ли анализ полученных численных решений краевых задач на устойчивость, сходимость и какие методы оценки погрешности вычислений использовались.

Отзыв поступил от д.т.н., профессора Ильина В.К., зав. кафедрой «Энергообеспечение предприятий и энергоресурсосберегающих технологий» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (г. Казань) содержит следующие замечания: 1) из автореферата не ясно, как определялись в уравнении теплового баланса, учитывающего инерционность процесса переноса субстанции, коэффициенты релаксации и их степенные значения; 2) из автореферата не ясно, на основании каких результатов сделан вывод по главе 6, а также как он связан с решаемыми задачами; 3) в главе 7 автореферата не приведены примеры решения задач с верификацией полученных результатов.

Отзыв д.т.н., профессора Ванькова Ю.В., зав. кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» и к.т.н., доцента Гапоненко С.О., доцента кафедры «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (г. Казань) содержит следующие замечания: 1) не указано каким образом могут быть определены коэффициенты релаксации и каково их влияние на исследуемые процессы; 2) не указано исследовалось ли влияние релаксационных слагаемых на интенсивность затухания колебаний; 3) из автореферата не ясно, в каких реальных технических системах протекают процессы колебания газов под действием внешней гармонической нагрузки.

Отзыв д.т.н., профессора Носырева Д.Я., зав. кафедрой «Локомотивы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет сообщения» (г. Самара) содержит следующие замечания: 1) в автореферате не приведены типы и метрологические характеристики средств измерения, использованных при проведении экспериментальных исследований; 2)

полученные в диссертации научные результаты на уровне интеллектуальной собственности не защищены патентами; 3) в тексте автореферата имеются отдельные опечатки и неточности.

Отзыв PhD, профессора Шыныбая Ж.С., зав. кафедрой «Энергосбережение и автоматика» НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» (Казахстан, г. Алматы) содержит следующие замечания: 1) из текста автореферата неясно, из каких соображений выбираются координатные функции в задаче о теплообмене в жидкости, движущейся в цилиндрическом канале; 2) не указано каким образом выполняется условие равенства температур на контакте слоев многослойной пластины.

Отзыв д.т.н., профессора Майниковой Н.Ф., профессора кафедры «Энергообеспечение предприятий и теплотехника» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (г. Тамбов) содержит следующие замечания: 1) из автореферата не ясно, каким образом определяются коэффициенты релаксации не раскрыт их физический смысл; 2) следовало бы выполнить сравнительный анализ результатов решения задачи (23) – (24), полученных в первом, втором и последующих приближениях.

Отзыв к.т.н., Борисова М.Б., зам. генерального конструктора по научной работе АО РКЦ «Прогресс» (г. Самара) содержит следующие замечания: 1) из текста автореферата не понятно, какие способы оценки погрешности вычислений использованы при выполнении численных расчетов; 2) для верификации численных моделей следовало бы представить результаты выполненных измерений в табличном виде и поместить их в приложения.

Отзыв к.т.н., Супельняка М.И., ведущего инженера-конструктора бюро турбокомпрессоров, термодинамических, газодинамических и прочностных расчетов конструкторского отдела ПАО «КАДВИ» (г. Калуга) содержит следующие замечания: 1) из текста автореферата неясно, из каких соображений выбирались значения коэффициентов релаксации при производных высшего порядка в уравнении (3); 2) в автореферате не приводится оценка малости отброшенного слагаемого, описывающего перенос теплоты теплопроводностью в осевом направлении, по сравнению с введенными «релаксационными» слагаемыми; 3) из автореферата неясно, какое отношение содержание главы 3, посвященной исследованию локально-равновесных процессов, и главы 6, посвященной исследованию трубопроводных систем, имеет к заявленной теме диссертации; 4) при моделировании колебательных процессов не учитываются податливость заделки, трение в закреплении и аэродемпфирование, которые оказывают большое влияние на затухание колебаний; 5) из автореферата неясно, каким образом зависимости для турбулентных пограничных слоев на пластине из главы 3 были использованы в главе 6 при расчете круглых трубопроводов.

Все отзывы положительны. В отзывах отмечено, что указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость результатов и не влияют на общую положительную оценку работы, а диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к докторским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Еремину А.В. ученой

степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной компетентностью в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ в предметной области диссертационного исследования, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методология математического моделирования локально-неравновесных процессов переноса на основе модифицированных форм законов сохранения (теплового и материального баланса, равновесия, движения), позволившая установить новые неизвестные ранее закономерности протекания исследуемых процессов;

предложен единый подход построения математических моделей переноса, основанный на включении инерционных слагаемых в законы сохранения тепла, массы, импульса;

доказана перспективность использования полученных результатов для решения широкого круга научных и прикладных задач математического моделирования процессов переноса с учетом релаксационных явлений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность разработанной методологии для моделирования реальных физических процессов теплопроводности, взаимосвязанного теплопереноса, колебаний упругих твердых тел, жидкостей и газов, электромагнитных колебаний, существенно расширяющей представления о процессах, протекающих в локально-неравновесных условиях;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы известные и разработанные в диссертации численные и приближенные аналитические методы решения краевых задач теплопереноса, конвективного теплообмена, колебаний упругих тел, жидкостей и газов, электромагнитных колебаний с учетом пространственно-временной нелокальности;

изложена методика математического моделирования локально-неравновесных процессов переноса, основанная на введении инерционных слагаемых в уравнения сохранения: теплового и материального баланса, энергии, равновесия, движения;

раскрыты проблемы классических моделей теплопроводности, упругих колебаний твердых тел, жидкостей и газов, электромагнитных колебаний, связанные с неучетом в них релаксационных слагаемых;

изучено влияние релаксационных слагаемых высших порядков на результаты математического исследования переноса тепла, массы, импульса в локально-неравновесных условиях;

проведена модификация классических математических моделей теплопроводности, упругих колебаний, конвективного теплообмена, электромагнитных колебаний, позволив-

шая путем включения релаксационных слагаемых непосредственно в законы сохранения (тепла, массы, энергии, импульса), учесть инерционность исследуемых процессов переноса.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена методика идентификации коэффициентов теплоотдачи в потоках движущихся жидкостей, необходимых при построении компьютерных моделей гидравлических систем различного назначения;

определены режимы работы оборудования тепловых источников и геометрическая конфигурация трубопроводов, обеспечивающие оптимальный гидравлический и тепловой режим исследуемых трубопроводных систем;

созданы программные комплексы, позволившие впервые исследовать температурные поля в телах сложной (произвольной) геометрической формы для процессов, протекающих в локально-неравновесных условиях;

представлены компьютерные модели сложных трубопроводных систем, позволившие определить оптимальные тепловые и гидравлические режимы тепловых сетей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ проведены исследования продольных и поперечных колебаний упругих тел, гидравлических процессов в тепловых сетях с использованием сертифицированного высокоточного оборудования, прошедшего своевременную поверку в авторизованных сервисных центрах с выполнением калибровки, юстировки и дополнительной настройки пользовательских параметров;

теория построена на базе новых теоретических положений, не противоречащих известным данным о внутреннем строении веществ и механизмах переноса (тепла, массы, импульса) в них, и подтверждаемых корректным использованием соответствующего математического аппарата, данными вычислительных и натуральных экспериментов, научным обоснованием принятых положений и допущений, подробным анализом и оценкой полученных результатов;

идея базируется на обобщении классических дифференциальных уравнений переноса тепла, массы, импульса путем введения в них релаксационных слагаемых с целью учета инерционности реальных физических процессов.

использованы апробированные методики вычислительного и натурального эксперимента с целью проверки адекватности предлагаемых в диссертации методов математического моделирования локально-неравновесных процессов переноса;

установлено качественное и количественное соответствие полученных в диссертации теоретических результатов с экспериментальными данными, в том числе, из независимых источников;

использованы сертифицированные средства проведения вычислительных и натуральных экспериментов и апробированные методы сбора и обработки полученной информации

для проверки данных расчетов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке методологии математического моделирования локально-неравновесных процессов переноса, численных и приближенных численно-аналитических методов их исследования, реализации алгоритмов решения краевых задач переноса (тепла, массы, импульса) в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для ЭВМ. В трудах с соавторами, диссертантом выполнен основной объем вычислительной работы, анализ и обобщение полученных результатов.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием основной идейной линии, состоящей в едином методологическом подходе к учету инерционности процессов переноса путем введения релаксационных слагаемых непосредственно в дифференциальные уравнения теплопереноса, конвективного теплообмена, механических и электромагнитных колебаний.

На заседании 25 марта 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Еремину Антону Владимировичу ученую степень доктора технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» за решение крупной научной проблемы создания единой концепции математического моделирования процессов теплопереноса, упругих колебаний и электромагнитных волн с учетом релаксационных явлений, имеющей важное значение в области математического моделирования локально-неравновесных процессов переноса.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 11 докторов наук по специальности 05.13.18, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: «за» –19, «против» –0, «воздержалось» – 0.

Председатель
диссертационного совета



[Signature]
Радченко Владимир Павлович

Ученый секретарь
диссертационного совета

[Signature]
Зотеев Владимир Евгеньевич

25 марта 2021 г.