

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 16.05.2019 г. № 3
о присуждении Дилигенской Анне Николаевне, гражданке Российской
Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы идентификации, анализ и синтез алгоритмов последовательной параметрической оптимизации в обратных задачах технологической теплофизики» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)» принята к защите 05 февраля 2019 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 Дилигенская Анна Николаевна, 1969 года рождения, в 1991 году окончила Куйбышевский политехнический институт имени В.В. Куйбышева по специальности «Автоматика и управление в технических системах». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация технологических процессов и производств на тему «Разработка и исследование оптимальных по энергопотреблению алгоритмов управления процессами индукционного нагрева металла» защитила в 1999 году в диссертационном совете при ГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет». Дилигенская Анна Николаевна с октября 2002 г. по настоящее время работает в должности доцента кафедры «Автоматика и управление в технических системах» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет». В период подготовки диссертации с сентября 2013 г. по август 2016 г. соискатель Дилигенская Анна Николаевна обучалась в очной докторантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет». Диссертация выполнена на кафедре «Автоматика и управление в технических системах» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ. Научный консультант – доктор технических наук, профессор Рапо-

порт Эдгар Яковлевич, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», кафедра «Автоматика и управление в технических системах», профессор.

Официальные оппоненты:

1) Колосов Олег Сергеевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры управления и информатики Института автоматизации и вычислительной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва;

2) Першин Иван Митрофанович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем управления и информационных технологий Института сервиса, туризма и дизайна (филиала) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «СевероКавказский федеральный университет», г. Пятигорск;

3) Торгашова Ольга Юрьевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, 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 «Космические системы и ракетостроение», д.т.н., профессором, членом-корреспондентом РАН Алифановым Олегом Михайловичем, профессором кафедры «Космические системы и ракетостроение», д.т.н., профессором Ненарокомовым Алексеем Владимировичем, доцентом кафедры «Космические системы и ракетостроение», к.т.н. Титовым Дмитрием Михайловичем, доцентом кафедры «Космические системы и ракетостроение», к.т.н. Викуловым Алексеем Геннадьевичем, 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 разработки новых конструктивных методов решения обратных задач технологической теплофизики.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном и методическом уровне, изложена ясным, технически грамотным языком. Автореферат и публикации автора отражают основные положения диссертации. Диссертационная работа соответствует специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность), удовлетворяет требованиям, установленным действующим Положением о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Дилигенская Анна Николаевна, заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Заключение содержит следующие замечания: 1) не приведено обоснование выбора компактного множества в виде класса кусочно-параболических функций; 2) не проведена сравнительная оценка возможностей методов минимаксной оптимизации и модальной идентификации с указанием предпочтительных областей их применимости; 3) не указаны границы возможного применения предлагаемых методов решения обратных задач теплопроводности; 4) не выполнен сравнительный анализ преимуществ и недостатков разработанных методов параметрической оптимизации; 5) не проведено сравнение результатов, полученных на основе разработанных методов, с результатами, полученными с использованием стандартной квадратичной интегральной оценки температурной невязки.

Соискатель имеет 44 опубликованных работы по теме диссертации, из них 5 статей – в международных журналах, индексируемых в базе цитирования Web of Science и Scopus, 14 статей – в рецензируемых научных изданиях, входящих в список ВАК, 22 тезиса докладов и статей в сборниках трудов конференций. По результатам исследований опубликованы 2 учебных пособия, зарегистрирован 1 программный комплекс для ЭВМ в Роспатенте.

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

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Diligenskaya A. N., Rapoport E. Y. Analytical methods of parametric optimization in inverse heat-conduction problems with internal heat release // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. — 2014. — Т. 87, № 5. — С. 1126—1134.
2. Дилигенская А. Н. Метод параметрической оптимизации в граничной обратной задаче теплопроводности с фильтрацией возмущений // *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Технические науки*. — 2015. — 3 (47). — С. 17—24.
3. Diligenskaya A. N., Rapoport E. Y. Method of minimax optimization in the coefficient inverse heat-conduction problem // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. — 2016. — Т. 89, № 4. — С. 1008—1013.
4. Diligenskaya A. Estimation of the heat flux density during the induction heating process based on the parametric optimization // *International Journal of Microstructure and Materials Properties*. — 2016. — Т. 11, № 1/2. — С. 5—17.
5. Рапопорт Э. Я., Дилигенская А. Н. Модальная идентификация граничного воздействия в двумерной обратной задаче теплопроводности // *Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Физико-математические науки*. — 2018. — Т. 22, № 2. — С. 380—394.

6. Diligenskaya A. N. Solution of the retrospective inverse heat conduction problem with parametric optimization // High Temperature. — 2018. — Т. 56, № 3. — С. 382—388.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы официальных оппонентов. В положительном отзыве официального оппонента Колосова Олега Сергеевича, д.т.н., профессора, профессора кафедры управления и информатики ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» содержатся следующие замечания: 1) не самое удачное название диссертации; 2) отсутствует анализ влияния выбора места расположения датчиков температуры; 3) не пояснено основание распространения принципа максимума Понтрягина на бесконечномерные модели обратных задач теплопроводности; 4) не сформулированы правила остановки процесса параметризации при решениях задач; 5) отсутствует анализ влияния неопределенностей математического описания исследуемых процессов на получаемые результаты.

В положительном отзыве официального оппонента Першина Ивана Митрофановича, д.т.н., профессора, зав. кафедрой систем управления и информационных технологий ФГАОУ ВО «СевероКавказский федеральный университет» приведены следующие замечания: 1) непонятно, каким образом реализованы процедуры взаимного преобразования оригиналов и их изображений при решении двумерных обратных задач теплопроводности методом модальной идентификации; 2) не пояснено, каким образом выбиралась длительность интервала идентификации; 3) неясно, почему метод минимаксной оптимизации не используется в пространственно двумерных обратных задачах теплопроводности; 4) отсутствует пояснение, каким образом решается задача выбора конфигурации пространственного распределения температурной невязки.

В положительном отзыве официального оппонента Торгашовой Ольги Юрьевны, д.т.н., доцента, профессора кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» приведены следующие замечания: 1) не пояснена степень обоснования возможности распространения базовых результатов, полученных применительно к одномерным линейным моделям, на нелинейные и многомерные модели; 2) непонятно, почему представлены два различных способа решения двумерных обратных задач теплопроводности, не приведено их сравнение; 3) не приведено основание необходимости представления температурной невязки и идентифицируемого воздействия рядами одинаковой пространственной размерности в двумерной обратной задаче при использовании метода модальной идентификации; 4) отсутствует анализ возможностей распространения разработанных методов на задачи идентификации нескольких характеристик; 5) непонятно, влияет ли при модальной идентификации разложение температурного поля и идентифицируемых воздействий по ортогональной системе собственных функций на точность метода.

На автореферат диссертации поступило 11 отзывов.

Отзыв ГИЦ ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (г. Москва), подписанный членом-корреспондентом РАН, д.т.н., профессором Себряковым Г.Г., и утвержденный генеральным директором, академиком РАН Желтовым С.Ю., содержит следующие замечания: 1) неясно, чем обоснован выбор равномерной метрики оценивания температурных невязок при создании методов параметрической оптимизации; 2) не вполне ясно, возможно ли распространение разработанной методологии на другой класс моделей объектов с распределенными параметрами, описываемых иными уравнениями.

Отзыв д.т.н., профессора Казаринова Л.С., зав. кафедрой «Автоматика и управление» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (ЮУрГУ, г. Челябинск) содержит следующие замечания: 1) следует пояснить, как реализуется численная процедура решения итоговой системы расчетных соотношений, как выбираются начальные приближения, и как может быть оценена погрешность решения; 2) непонятно, на каком основании метод параметрической оптимизации, разработанный для линейных систем, распространен на нелинейные системы.

Отзыв д.т.н., профессора Гвоздева В.Е., зав. кафедрой «Техническая кибернетика» и д.т.н., профессора Ильясова Б.Г., профессора кафедры «Техническая кибернетика» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (г. Уфа) содержит следующие замечания: 1) не совсем удачно скорректированы некоторые разделы диссертации; 2) не приведены результаты внедрения алгоритмов и методик в конкретных промышленных предприятиях и не показана, как повышается эффективность технологического процесса и его идентификации; 3) отсутствует заключение о перспективности данного подхода в решении обратных задач теплопроводности.

Отзыв д.т.н., старшего научного сотрудника, Ученого секретаря ФГБУН Института проблем точной механики и управления РАН (г. Саратов) Иващенко В.А. содержит следующие замечания: 1) отсутствует сравнительный анализ методов минимаксной оптимизации и модальной идентификации для различных типов исследуемых обратных задач теплопроводности; 2) не приведены указания на границы возможного применения предлагаемых методов решения обратных задач теплопроводности.

Отзыв д.т.н., профессора Лачина В.И., профессора кафедры «Автоматика и телемеханика» и д.т.н., профессора Елсукова В.С., профессора кафедры «Автоматика и телемеханика» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова (г. Новочеркасск) содержит следующие вопросы: 1) каким образом реализуется измерение пространственного распределения температур в двумерных обратных задачах теплопроводности; 2) как влияют применяемые

сглаживающие алгоритмы на качество решения обратных задач теплопроводности в условиях действия возмущений?

Отзыв д.т.н., профессора Вострикова А.С., профессора кафедры автоматики, заслуженного деятеля науки РФ и д.т.н., доцента Французовой Г.А., профессора кафедры автоматики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)» (г. Новосибирск), почетного работника сферы образования РФ, содержит следующие замечания: 1) отсутствует пояснение, какое влияние на точность решения задач при численной реализации разработанных методов имеет погрешность расчетного описания температурных полей в форме усеченных рядов их разложения по собственным функциям; 2) остается непонятным, как зависит технология реализации предлагаемого метода идентификации от начальных условий обратных задач теплопроводности.

Отзыв д.т.н., профессора Певзнера Л.Д., профессора кафедры «Автоматические системы» института Кибернетика ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет» (г. Москва) содержит следующие замечания: 1) не представлено доказательство, что точность процедуры идентификации возрастает с увеличением размерности вектора искомых параметров; 2) не пояснено, каким образом при решении ретроспективной обратной задачи теплопроводности реализуются измерения параметров пространственно распределенного температурного поля.

Отзыв д.т.н., главного научного сотрудника лаборатории нечетких технологий Института автоматики и электрометрии СО РАН Золотухина Ю. Н. содержит следующие замечания: 1) не приведены условия завершения поиска решений в процессе реализации процедуры последовательной параметризации; 2) неясно, каким образом идентифицируется знак условного управления на первом интервале его постоянства; 3) не пояснено, для чего при решении обратной задачи теплопроводности в двумерной постановке методом модальной идентификации применена модель в изображениях по Лапласу.

Отзыв д.т.н., директора ФГБУН Института проблем управления сложными системами Боровика С.Ю. содержит следующее замечание: 1) неясно, распространяется ли предлагаемый подход на обратные задачи теплопроводности для установок непрерывного или методического индукционного нагрева движущихся тел.

Отзыв профессора кафедры автоматики и процессов управления Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (г. Санкт-Петербург), д.т.н., профессора Душина С.Е. содержит следующее замечание: 1) отсутствуют рекомендации по использованию разработанных методик и алгоритмов для систем управления технологическими процессами, эксплуатируемых в режиме реального времени в условиях сигнальных и параметрических неопределенностей.

Отзыв профессора Высшей школы киберфизических систем и управления Института компьютерных наук и технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (г. Санкт-Петербург), д.т.н. Фирсова А.Н. содержит следующие замечания: 1) не приведены достаточно четкие рекомендации по предпочтительному выбору определенного варианта из предлагаемых методов идентификации; 2) остаются не вполне ясными способы выбора конкретной формы кривой распределения температурной невязки на интервале наблюдения применительно к каждой отдельной обратной задаче теплопроводности.

Все отзывы положительные. В отзывах с замечаниями отмечено, что указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость результатов и не влияют на общую положительную оценку работы, диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к докторским диссертациям, сделано заключение о возможности присуждения Дилигенской А.Н. ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной компетентностью в области системного анализа, управления и обработки информации в предметной области диссертационного исследования, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана концепция построения нового метода решения широкого круга обратных задач теплопроводности в экстремальной постановке, базирующаяся на процедуре последовательной параметризации идентифицируемых величин на компактных множествах непрерывно-дифференцируемых функций, отвечающих условиям их физической реализуемости;

предложен основанный на теории оптимального управления системами с распределенными параметрами общий подход к решению обратных задач теплопроводности, без применения численных регуляризирующих алгоритмов, не гарантирующих получение приемлемых результатов;

проведен синтез в достаточной степени универсальной алгоритмически точной конструктивной процедуры поиска искомых величин и анализ общих качественных характеристик и базовых свойств найденных идентифицируемых воздействий;

доказана перспективность использования полученных результатов для решения широкого круга научных и прикладных проблем идентификации объектов с распределенными параметрами, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных параболического типа.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность разработанных методов последовательной параметрической оптимизации для идентификации характеристик реальных процессов технологической теплофизики;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы системного анализа, моделирования распределенных систем, теории оптимального управления объектами с распределенными параметрами, синтеза алгоритмов минимаксной параметрической оптимизации, теории теплопроводности, компьютерного моделирования;

изложена и теоретически обоснована методика решения минимаксных задач нелинейных параметрических чебышевских приближений идентифицируемых характеристик, позволяющая на заданном интервале идентификации найти решение исходных некорректно поставленных обратных задач теплопроводности с требуемой точностью;

раскрыты возможности уменьшения погрешности приближения к идентифицируемым характеристикам с возрастанием размерности вектора параметрического представления искомым величин;

изучены общие для рассмотренного круга обратных задач теплопроводности качественные закономерности процедуры параметрической оптимизации идентифицируемых величин и свойств получаемых параметризуемых решений.

Проведена, теоретически обоснована процедура перевода рассматриваемых задач идентификации в класс условно-корректных обратных задач минимаксной параметрической оптимизации, позволяющая найти их решения аналитическими методами нелинейных чебышевских приближений.

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

разработана и внедрена совокупность методов решения базовых граничных, внутренних, ретроспективных и коэффициентных обратных задач теплопроводности в линейных и нелинейных, одномерных и двумерных постановках применительно к поиску сосредоточенных, пространственно-распределенных и пространственно-временных идентифицируемых величин;

разработаны и внедрены методики исследования основных теплофизических параметров теплопроводности и термоупругости полимерных и композиционных материалов при составлении их паспортных характеристик и планировании экспериментальных исследований в опытно-конструкторской работе ООО «Специальное Конструкторско-Технологическое Бюро «Пластик», г. Сызрань; определения режимов индукционного нагрева при производстве алюминиевых полуфабрикатов на АО «Арконик СМЗ», г. Самара; идентификации математических моделей при создании компьютерного тренажёра основного технологического оборудования

Стерлитамакской ТЭЦ и Новостерлитамакской ТЭЦ, филиалов ООО «Башкирская генерирующая компания»;

определены конструктивные способы и перспективы практического использования результатов, полученных в диссертационной работе, позволяющих повысить эффективность процедур идентификации процессов технологической теплофизики для широкого круга технических приложений;

создано специальное математическое, алгоритмическое и программное обеспечение процедур последовательной параметрической оптимизации, позволяющее получить эффективное решение широкого круга обратных задач технологической теплофизики;

представлены конкретные расчетные результаты решения целого ряда типовых задач идентификации объектов технологической теплофизики, объективно свидетельствующие об эффективности применения предлагаемых методов на практике.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ приведены решения и выполнен системный анализ ряда практических задач идентификации параметров и характеристик процессов нестационарной теплопроводности, отличающиеся увеличением точности решений и существенным снижением трудоемкости по сравнению с другими известными методами;

теория построена путем использования научно-обоснованных методов теории оптимального управления системами с распределенными параметрами, подтверждается корректным использованием соответствующего математического аппарата, данными компьютерного моделирования, научным обоснованием принятых положений и допущений, подробным анализом и оценкой полученных результатов;

идея базируется на поиске решений обратных задач теплопроводности в пределах компактных множеств физически реализуемых идентифицируемых характеристик, процедуре их последовательной параметризации, редукции к нелинейным задачам минимаксной параметрической оптимизации, разрешаемым модифицированными методами теории нелинейных чебышевских приближений.

использованы апробированные методики аналитического, численного и компьютерного моделирования для экспериментальной проверки разработанных методов решения обратных задач теплопроводности;

установлено подтверждение полученных автором теоретических выводов результатами численных исследований для основного круга обратных задач теплопроводности и сравнением данных расчетов с экспериментальными данными из независимых источников;

использованы сертифицированные средства проведения вычислительных экспериментов и апробированные методы сбора и обработки полученной информации для проверки данных расчетов.

Личный вклад соискателя состоит в постановке научной проблемы создания конструктивных методов решения широкого круга обратных задач теплопроводности, не требующих применения численных регуляризирующих алгоритмов; разработке и теоретическом обосновании новой методологии решения задач идентификации основных характеристик процессов технологической теплофизики, базирующейся на методах теории оптимального управления системами с распределенными параметрами; выполнении расчетной части работы и анализе получаемых результатов по апробации предлагаемого подхода на примерах решения линейных и нелинейных, одномерных и многомерных, внутренних, граничных, ретроспективных, коэффициентных обратных задач теплопроводности. В работах, выполненных в соавторстве, диссертантом предложены, разработаны, исследованы и экспериментально отлажены методы решения обратных задач теплопроводности различного вида.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи; в диссертации с единых методологических позиций в рамках системного подхода решены для широкого круга технических приложений проблемы разработки, теоретического обоснования и техники применения конструктивного алгоритмически точного метода решений обратных задач теплопроводности на основе их последовательной параметрической оптимизации.

На заседании № 3 16 мая 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Дилигенской Анне Николаевне ученую степень доктора технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)» за решение актуальной и важной задачи создания методологических и теоретических основ новой концепции конструктивного алгоритмически точного решения обратных задач теплопроводности.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.13.01, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



 Радченко Владимир Павлович

 Зотеев Владимир Евгеньевич

16 мая 2019 г.