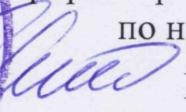


«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор «НИУ «МЭИ»
по научной работе
В.К. Драгунов

«15» апреля 2019г.



ОТЗЫВ

официального оппонента Колосова Олега Сергеевича
на диссертационную работу Диленской Анны Николаевны на тему:
«Методы идентификации, анализ и синтез алгоритмов последовательной
параметрической оптимизации в обратных задачах технологической
теплофизики», представленную на соискание ученой степени доктора технических
наук по специальности 05.13.01 – системный анализ управление и обработка
информации (промышленность)

Актуальность темы диссертации

В различных областях техники существовал и существует обширный класс, так называемых, «обратных задач». Подобные задачи относят к некорректно поставленным задачам, однозначное решение которых в общем виде отсутствует. В связи с этим существуют различные подходы, позволяющие решать подобные задачи с использованием методов регуляризации либо дополнительной информации о предполагаемом решении. Однако эти методы обладают своими недостатками и считать их исчерпывающими нельзя. Именно поэтому, любые предлагаемые оригинальные и корректные методы решения обратных задач, безусловно являются актуальными и полезными для науки и практического применения. Проблема создания новых методов эффективного решения обратных задач теплопроводности (ОЗТ), которые позволяют строить приближения к искомому решению задачи с требуемой точностью, актуальна среди основных направлений современной прикладной математики и технологической теплофизики. На решение задач этой проблемы направлено представленное диссертационное исследование.

Исследование обратных задач теплопроводности (ОЗТ) позволяет разрабатывать новые подходы к идентификации и диагностике обширного круга процессов тепло- и массообмена и является одним из важных направлений современного этапа научных исследований в области технологической теплофизики. Погрешности измерений и ошибки дискретизации математических моделей оказывают существенное влияние на качественные показатели результатов решения обратных задач. Большие возможности для исследования процессов теплопроводности представляют подходы на основе точной математической модели, описываемой в терминах систем с распределенными параметрами, без потери качественных свойств. Область разработки методов решения обратных задач, обеспечивающих системный подход к синтезу и анализу математических моделей процессов нестационарной теплопроводности, представляет значительный научный и практический интерес.

Структура работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературных источников, содержащего 209 наименований.

В первой главе приводится обзор литературы и формулируются три типа, рассматриваемых в диссертации обратных задач теплопроводности: граничные ОЗТ; внутренние ОЗТ и коэффициентные ОЗТ.

Вторая глава является ключевой. В ней приводится описание предлагаемого метода минимаксной оптимизации применительно к основной одномерной базовой модели ОЗТ в виде линейных краевых задач. Здесь же предлагается использование принципа максимума Понтрягина для представления искомого решения в форме функции оптимального управления, минимизирующей вводимый минимаксный функционал.

В третьей главе результаты предыдущей главы распространяются на двумерные температурные поля с различными управляющими воздействиями. В главе

Четвертая глава посвящена разработка алгоритмов решения ОЗТ, связанной с идентификацией пространственно-временного выделения мощности внутренними источниками тепловыделения.

В пятой главе решаются вопросы учета в предложенных алгоритмах случайных возмущений.

В шестой главе на ряде практических задач демонстрируется эффективность предлагаемых алгоритмов решения ОЗТ.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Новизной обладают:

- Методология решения обратных задач теплопроводности (ОЗТ), отличающаяся от известных процедурой аналитической идентификации процессов нестационарной теплопроводности, базирующейся на методах теории оптимального управления системами с распределенными параметрами и позволяющей сформулировать условно-корректные задачи на компактных множествах физически обоснованных решений, которые определяются в результате параметрической оптимизации;
- Метод минимаксной оптимизации ошибок аппроксимации измеряемого температурного состояния в равномерной метрике оценивания, сводящий исходную задачу к нелинейной задаче математического программирования. Такой переход осуществляется в результате сужения множества возможных решений, исходя из требований их гладкости, до класса кусочно-параболических или полиномиальных функций и приводит к параметризованной задаче, которая разрешается с помощью специального альтернативного метода.
- Методика решения базовых ОЗТ, позволяющая на основе минимаксной оптимизации проводить идентификацию функции внутренних воздействий или краевых условий, зависящих от времени, пространственной координаты и от двух переменных одновременно, а также теплофизических характеристик материала. Разработанная методика использована для установления специфических

особенностей предметной области каждого типа задач, системного анализа качественных базовых характеристик решения и зависимости точности решения ОЗТ от главных факторов.

- Метод модальной идентификации пространственно-временных воздействий. Разработанный метод применен для решения соответствующих ОЗТ в одномерной и двумерной постановках и сводится к поиску решений на компактном множестве непрерывных и непрерывно-дифференцируемых функций. Разработана структура системы идентификации искомых характеристик, реализованная как совокупность независимых контуров восстановления по экспериментальным данным отдельных мод соответствующих воздействий.
- Методы минимаксной оптимизации, ориентированные на решение ОЗТ в условиях действующих возмущений. На их основе построены устойчивые алгоритмы решения обратных задач в случае использования предварительного сглаживания возмущенных экспериментальных данных и при учете интервальных неопределенностей возмущений.
- Совокупность технических приложений представленных методов параметрической оптимизации для решения актуальных задач идентификации:
 - суммарной функции тепловых потерь в процессе индукционного нагрева металла;
 - постоянного значения удельной мощности внутреннего тепловыделения при индукционном нагреве;
 - коэффициента конвективной теплоотдачи на внутренней стенке барабана котлоагрегата;
 - зависящего от координаты коэффициента теплопроводности в задаче несвязанной термоупругости.

Существенной особенностью разработанных методов является возможность находить решение, принадлежащее классу корректности в форме заданного компактного множества, без использования численных алгоритмов регуляризации, с практически любой требуемой точностью.

Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов

Автор предлагает новые эффективные численные методы последовательной параметризации искомых физически реализуемых решений обратных задач технологической теплофизики. Разработанные алгоритмы и вычислительные процедуры обеспечивают реализацию этих методов с достаточной для практического использования точностью. Существенно, что основные результаты общего характера, полученные в диссертации, распространяются на широкий круг ОЗТ с идентифицируемыми воздействиями различной природы.

Разработанные методы и алгоритмы представляют собой новую конструктивную методологию решения обратных задач теплопроводности путем минимизации температурных отклонений модельных реализаций от экспериментальных данных в равномерной метрике.

Теоретические и прикладные результаты, полученные в диссертационной работе, позволили решить ряд практических задач, возникающих при идентификации процессов нестационарной теплопроводности.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается документами об использовании результатов диссертации при разработке и промышленном внедрении:

- компьютерного тренажёра с динамическими мнемосхемами основного технологического оборудования генерирующей компании (ООО «ГК ИНФОПРО»);
- оборудования для индукционного нагрева изделий при анализе и синтезе технологий и алгоритмов управления процессами нагрева (АО «Арконик СМЗ», г. Самара);
- алгоритмов идентификации граничных потоков; экспериментальных исследований свойств теплопроводности и термоупругости и их планирования (ООО «Специальное Конструкторско-Технологическое Бюро «Пластик», г. Сызрань).

Использование результатов диссертации позволило повысить эффективность и производительность работы технологического оборудования и точность достижения требуемых показателей качества производственных процессов, сократить время проведения опытно-конструкторских работ и натурных испытаний.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и рекомендаций.

Достоверность основных выводов и результатов работы подтверждается применением математически обоснованных подходов к решению теоретических задач, современного аппарата теорий автоматического и оптимального управления объектами с сосредоточенными и распределенными параметрами, методов математического и компьютерного моделирования.

Апробация диссертации и публикаций. Связь диссертации с государственными программами научных исследований

Основные материалы работы и ее результаты достаточно полно отражены в публикациях автора, из которых пять статей опубликованы в международных журналах, индексируемых в базе цитирования Web of Science и Scopus, 14 статей – в рецензируемых журналах из перечня ВАК, получено свидетельство на программу для ЭВМ. Все важные положения

диссертации были аprobированы на многих международных и Российских конференциях.

Диссертационная работа выполнена в рамках основных фундаментальных и прикладных исследований по проектам Минобрнауки, РФФИ и СамГТУ.

Диссертация и автореферат написаны ясным и понятным научным языком. Автореферат и публикации автора отражают основные положения диссертации.

Прилагаемые к диссертации документы объективно свидетельствуют о практической полезности результатов диссертационной работы.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в различных отраслях промышленности – энергетике, машиностроении, приборостроении, аэрокосмической области, в области оптимизации технологических процессов и конструкций, а также в научно-исследовательских организациях, занимающихся проектированием современного оборудования для работы в условиях протекания нестационарных процессов теплообмена. Результаты работы также могут быть использованы в учебном процессе ВУЗов технического профиля.

Замечания по диссертационной работе

1. Диссертация имеет не совсем удачное название. На мой взгляд, ее следовало бы назвать: «Анализ и синтез алгоритмов последовательной параметрической оптимизации для решения обратных задач идентификации в технологической теплофизике».
2. В работе отсутствует анализ влияния на получаемые результаты выбора места расположения датчиков температуры.
3. В диссертации не пояснено, на каком основании принцип максимума Понтрягина распространяется на бесконечномерные модели ОЗТ.
4. В работе не сформулированы правила остановки процесса последовательной параметризации при решении конкретных ОЗТ.
5. Наряду с неполнотой экспериментальной информации, в обратных задачах теплообмена не всегда существует точное математическое описание исследуемого объекта или процесса. В диссертации отсутствует анализ влияния неопределенностей математического описания исследуемых процессов на получаемые результаты, например, коэффициентов математических моделей, которые зачастую задаются на основе априорной информации.

Сделанные замечания не снижают, однако, общей научной и практической ценности, полученных автором результатов.

Заключение

В целом, диссертационная работа Дилигенской А.Н. выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему в области системного анализа и обработки информации, связанную с разработкой методологических основ решения обратных задач технологической теплофизики без использования процедур регуляризации.

Представленная диссертационная работа содержит новые научные результаты, имеет общетеоретическую значимость для науки, представляет практическую ценность для специалистов в области исследования процессов нестационарной теплопроводности.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность).

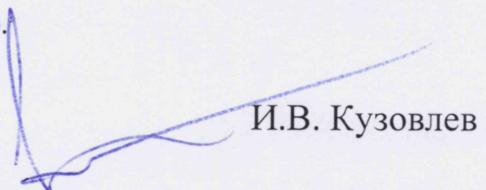
Считаю, что Дилигенская Анна Николаевна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность).

Официальный оппонент: Колосов Олег Сергеевич
д.т.н., профессор кафедры управления и информатики
Федерального государственного образовательного учреждения
высшего образования Национальный исследовательский
университет «МЭИ»,
профессор  /Колосов Олег Сергеевич/

Диссертационная работа Колосова О.С. защищена в 1992 г. по
специальностям: 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка
информации и 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и
систем управления.

111250, Москва, Красноказарменная ул. 14, НИУ «МЭИ»
Сл. тел. 8(495)362 7407;
E-mail: kolosovos@mpei.ru

Подпись профессора Колосова О.С. удостоверяю.
Ученый секретарь Ученого совета «НИУ «МЭИ»

 И.В. Кузовлев