

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Просунцова Павла Викторовича, профессора кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» МГТУ им. Н.Э. Баумана, на диссертационную работу Ильина Владислава Викторовича «Методика определения теплофизических свойств сверхпроводящего материала в составе энергоустановки летательных аппаратов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Актуальность темы и общая характеристика работы

Диссертационная работа Ильина Владислава Викторовича посвящена решению важной научно-технической проблемы, связанной с определением теплофизических характеристик высокотемпературных сверхпроводниковых (ВТСП) материалов, используемых в перспективных энергоустановках летательных аппаратов.

Развитие авиационной и космической техники требует создания компактных, мощных и эффективных энергетических систем. Использование ВТСП-технологий является одним из наиболее перспективных путей для достижения требуемых весовых и энергетических показателей. Разработка подобных систем требует создания адекватных математических моделей процессов комбинированного теплообмена. Для их использования необходимы надежные, точные и достоверные данные о теплофизических характеристиках ВТСП материалов во всем диапазоне рабочих температур, которые в настоящее время крайне ограничены. Перспективным направлением решения данной проблемы является использование аппарата обратных задач теплообмена. Однако прямая идентификация характеристик материалов по многомерным моделям комбинированного теплообмена является крайне затратной с вычислительной точки зрения. В этой связи **актуальной является разработка новой экономичной методики** определения характеристик ВТСП материалов на основе использования идеи двухмодельного подхода.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

Диссертация работа включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы и содержит 111 страниц, 41 рисунок, 8 таблиц и 87 источников литературы.

Во введении обоснована актуальность темы, проведен анализ степени ее разработанности, указаны объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи работы. Представлены теоретическая и практическая значимость работы, а также методология исследования. Показана научная новизна, даны положения, выносимые на защиту и показана апробация результатов.

В первой главе проведен краткий обзор существующих проектов энергетических установок на основе эффекта сверхпроводимости и обоснована потребность в изучении теплофизических свойств ВТСП материалов. Представлен анализ методов решения обратных задач теплообмена, которые положены в теоретическую основу работы.

С теоретической точки зрения центральной является **вторая глава**. Именно в ней изложен предлагаемый автором двухмодельный подход к решению задачи идентификации теплофизических характеристик материалов. В рамках данного подхода создаются две модели рассматриваемого процесса теплообмена – упрощенная и подробная. Далее строится итерационный алгоритм определения теплофизических характеристик, в рамках которого подробная модель используется только для решения прямой задачи, а упрощенная – для решения прямой, сопряженной задачи и задачи в приращениях. Это дает возможность существенно сократить затраты вычислительных ресурсов. В главе достаточно подробно представлены упрощенная математическая модель со сосредоточенными параметрами и подробная САЕ-модель, связанные между собой с помощью двухмодельного метода. Автором разработан алгоритм параметрической идентификации на основе метода итерационной регуляризации. Для демонстрации предлагаемого алгоритма выполнено имитационное моделирование

теплофизического эксперимента по циклу захлаживания/прогрева конструкции катушки с ВТСП в процессе теплофизического эксперимента.

В третьей главе описаны экспериментальные образцы, используемые для измерения теплофизических характеристик ВТСП материалов. Представлена схема оборудования для криогенных испытаний, приведено используемое экспериментальное оборудование и изложена программа испытаний по циклу захлаживания/прогрева. Представлены результаты экспериментальных исследований двух образцов ВТСП-ленты с различной ориентацией на основе пяти испытаний.

В четвёртой главе представлены результаты обработки экспериментальных данных, определены объемная теплоемкость и теплопроводность анизотропного ВТСП материала и выполнен анализ полученных результатов.

В заключении представлены итоги диссертационного исследования, сформулированы основные выводы и представлены рекомендации по дальнейшим направлениям исследований.

Научная новизна и достоверность результатов

Научная новизна диссертационной работы заключается в создании новой экономичной в вычислительном отношении методики определения теплофизических характеристик ВТСП-материалов, используемых в качестве обмотки катушек статора электрогенераторов для энергоустановок летательных аппаратов. Для данного класса материалов предложен двухуровневый подход к идентификации, сочетающий использование подробной и упрощенную модели, которые используются в рамках единой итерационной процедуры решения обратной задачи теплопроводности. На основе обработки результатов экспериментальных исследований по захлаживанию/прогреву образцов ВТСП материалов получены новые данные о температурной зависимости коэффициента теплопроводности и объемной теплоемкости ВТСП-материала в криогенном диапазоне температур, с учётом

существенной анизотропии в продольном и поперечном направлениях относительно плоскости ВТСП-ленты.

Достоверность результатов обеспечивается корректностью исходных допущений и постановки задач, применением апробированного математического аппарата решения обратных задач теплообмена, использованием аттестованного прикладного программного обеспечения, а также согласованностью результатов численного моделирования с данными физических экспериментов. Представленные в работе значения расхождений между расчетными и экспериментальными температурами являются удовлетворительными для данного класса задач.

Сформулированные в диссертации научные положения и выводы обоснованы, изложены последовательно и подробно.

Автореферат достаточно полно и правильно отражает содержание диссертации.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость заключается в развитии методологии идентификации теплофизических свойств сверхпроводящих материалов со сложной структурой в криогенной области на основе решения обратных задач теплообмена.

Практическая значимость заключается в том, что разработанная автором методика идентификации теплофизических характеристик ВТСП материалов с использованием двухмодельного подхода позволяет существенно сократить время обработки результатов теплофизических экспериментов. Также полученные конкретные в работе данные по теплофизическим характеристикам ВТСП-обмотки могут использоваться для математического моделирования и проектирования перспективных ВТСП-генераторов летательных аппаратов, а также для оптимизации технологических параметров производства ВТСП-лент.

Замечания и рекомендации

1. Цель работы практически повторяет ее название и не отражает полезного эффекта, достигаемого в работе.
2. При проведении имитационного моделирования эксперимента не приведены отношения температур для приближенной и подробной моделей и их пространственно-временное распределение. Также неясно насколько они зависят от точности задания характеристик материалов, которые не идентифицируются (медь, полиамид).
3. Не показан ход итерационного процесса решения обратной задачи и ничего не сказано о принципах его завершения.
4. На рис. 4.2 и 4.4 представлены распределения объемной теплоемкости в поперечном и продольном направлении, которые существенно различаются, то время как объемная теплоемкость не зависит от направления и режима теплообмена.
5. Автором не проведена попытка проверки полученных результатов прямым измерением на современном теплофизическом оборудовании хотя бы в одном направлении и при температуре минус 150 – минус 100 градусов Цельсия, что дало бы значительно больше уверенности в полученных результатах.

Указанные замечания не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы.

Заключение

Диссертация «Методика определения теплофизических свойств сверхпроводящего материала в составе энергоустановки летательных аппаратов» представляет собой законченное научное исследование, в котором решена актуальная научная задача. Работа выполнена на высоком уровне, её структура и содержание соответствуют паспорту специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника». Апробация и публикации

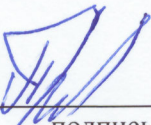
полностью удовлетворяют требованиям ВАК. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Ильина Владислава Викторовича соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», доктор технических наук, доцент

«04» декабрь 2025 г.


подпись

Просунцов Павел Викторович

Телефон: +79266660508

e-mail: pavel.prosuntsov@mail.ru

Почтовый адрес: 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1

Подпись Просунцова Павла Викторовича удостоверяю

должность

«ВЕРНО»

ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ ПО ПЕРСОНАЛУ
ЛАДШИНА В.В.

ОТДЕЛ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ
ЕДИНОЙ ПРИЕМНОЙ

УКСА
МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

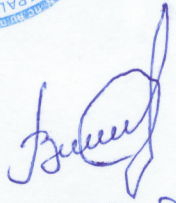
подпись

М.П.



Ф.И.О.

С отзывом ознакомлен

 Ильин В.В.
05.12.25