

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Лившица Михаила Юрьевича, заведующего кафедрой «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «СамГТУ», 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 (технические науки)

Общие сведения: диссертация Ильина Владислава Викторовича посвящена разработке методики расчетно-экспериментального определения теплофизических характеристик сверхпроводящего материала, входящего в состав катушки статора генератора перспективной энергетической установки летательного аппарата. Работа объемом 111 страниц, включая 41 рисунок, 8 таблиц и 87 литературных источников, состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Актуальность темы диссертации:

В большинстве развитых стран интенсивно внедряются сверхпроводниковые технологии в различные технические системы, включая летательные аппараты. Эта тенденция обуславливает высокую востребованность исследований физических процессов, лежащих в основе сверхпроводниковых технологий. Эффективность и надежность функционирования подобных устройств, содержащих сверхпроводниковые компоненты, в существенной степени зависят от теплофизических свойств сверхпроводящих материалов, так как они определяют реакцию материала на тепловые нагрузки. Теплофизические исследования в области криогенных температур, поддержание которых необходимо для стабильной работы сверхпроводниковых устройств, важны с точки зрения оптимизации систем охлаждения. Электрические машины, использующие эффект

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

сверхпроводимости, по сравнению с традиционными обладают рядом преимуществ: более высокий коэффициент полезного действия, улучшенные массогабаритные характеристики, низкая индуктивность обмоток и низкий уровень шума. Для проектирования сверхпроводниковых электрических машин необходим учет взаимосвязи между теплопроводностью и электропроводностью, что требует исследования теплофизических свойств в рабочем диапазоне температур. В этом контексте разработка новых методик расчета и их экспериментальная проверка является актуальной научно-практической задачей.

Целью диссертационного исследования является разработка расчетно-экспериментальной методики определения теплофизических свойств высокотемпературного сверхпроводникового материала обмотки катушки статора электрогенератора, содержащей в качестве основной компоненты параметрическую идентификацию тепловых процессов на основе методов решения обратной задачи теплопроводности.

Для достижения поставленной цели автором диссертации решены следующие задачи:

1. Поставлена задача идентификации математических моделей теплообмена в сверхпроводниковых обмотках электрических машин.
2. Разработаны алгоритмы параметрической идентификации в многомодельной теплофизической структуре моделирования в криогенной области температур на основе решения обратных задач теплопроводности методом итерационной регуляризации.
3. Подготовлено оборудование и проведен теплофизический эксперимент в криогенной области температур с целью верификации полученного решения задачи идентификации теплофизических характеристик сверхпроводящего материала обмоток катушек электрогенератора.

Научная новизна диссертации заключается в разработке расчетно-экспериментальной методики идентификации тепловых процессов на основе

методов решения обратных задач теплообмена для определения теплофизических свойств обмотки катушки, выполненной из сверхпроводящего материала. Следует отметить эффективное применение в методике идентификации многомодельного, когда наиболее ресурсоёмкая процедура решения обратной задачи осуществляется на упрощенной математической модели, что существенно упрощает решение. Использование экспериментальных данных, полученных с помощью вычислительного эксперимента на уточненной модели и натурного эксперимента на вещественной модели, обеспечивает результатам высокую достоверность. Результаты обработки полученной экспериментальной информации для двух образцов обмотки из высокотемпературного сверхпроводника в виде зависимостей коэффициента теплопроводности и объемной теплоемкости от температуры с учетом анизотропии также отличаются научной новизной.

Обоснованность и достоверность проведенных в диссертации исследований подтверждается незначительными расхождениями расчетных и экспериментальных данных. Адекватность алгоритмов идентификации проверена также сравнением идентифицированных свойств, полученных по результатам воспроизводящего реальные условия виртуального эксперимента, со свойствами, заданными в подробной модели. Обоснованность и достоверность решения обратной задачи теплопроводности обеспечивается применением известного и широко апробированного метода итерационной регуляризации. Адекватность рассчитанных теплофизических свойств оценена путем сравнения экспериментальных температур с расчетными значениями температур, полученными по идентифицированной математической модели. Достигнутые значения отклонений являются приемлемыми для широкого круга задач идентификации теплофизических свойств в криогенном диапазоне температур. Стоит отметить, что подход к проведению эксперимента построен на основе общей методики тепловых испытаний, апробированной

на множестве работ, которые более полувека проводятся в Тепловой лаборатории научно-исследовательского отдела кафедры 601 МАИ.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в создании комплексной экспериментально-расчетной методики определения теплофизических свойств материалов со сложной многослойной структурой. Проведенные криогенные испытания подтвердили работоспособность используемого экспериментального оборудования и показали высокую эффективность методики проведения испытаний при определении теплофизических характеристик сверхпроводящего материала в условиях криогенных температур. Использование многомодельного подхода к решению обратных задач теплофизики открывает, по мнению оппонента, широкие перспективы не только коэффициентной параметрической идентификации, но и структурной. Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в практике промышленного производства лент из сверхпроводящего материала, анализа и синтеза систем охлаждения на теплофизические и электрофизические характеристики сверхпроводящих проводников, а также для фундаментального изучения электротеплового взаимодействия высокотемпературного сверхпроводника.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Используемый в диссертации многомодельный метод параметрической идентификации (стр. 23) предполагает решение обратной задачи теплопроводности методом итерационной регуляризации по упрощенной математической модели теплопередачи, а прямой задачи, обслуживающей функционал невязок, по уточненной модели (см. главу 2 формулы (2.1), (2.2), (2.3), что обеспечивает коррекцию отыскиваемого параметра с помощью зависимости (2.5). С этой точки зрения не ясно, почему в качестве «подробной» модели не используется более полная и точная модель с распределенными параметрами (МРП), хотя автор упоминает о ней в

диссертации на стр. 51-52, ошибочно называя ее САЕ моделью с сосредоточенными параметрами, применяет для ее численного решения метод конечных элементов в программной среде «Patran» с соответствующими граничными условиями и не использует это решение в дальнейшей процедуре идентификации.

2. Следовало бы привести обоснование использования математических моделей вида (2.31) в рассматриваемом в диссертации процессе охлаждения анизотропной обмотки в криогенном диапазоне температур. Усреднение по объему соответствующих узлов обмотки в условиях ярко выраженной анизотропии (см. рис. 4.1-4.4) и интенсивной теплоотдачи с поверхности приводит к существенной неравномерности по объему каждого из технологических узлов, что подтверждается экспериментом автора на рис. 3.19-3.21 и расчетами на «подробной» модели (см. рис. 4.6-4.9).

3. В диссертации поставлена цель разработки методики определения теплофизических свойств высокотемпературного сверхпроводящего материала. В этой связи следовало бы четко выделить в работе эту методику в качестве соответствующего методического материала с указанием границ применимости, требуемых вычислительных ресурсов, программного обеспечения и т.д. Также отсутствует явная форма алгоритмов идентификации моделей теплопереноса.

4. Существенную роль в получении результатов диссертации играет экспериментальное исследование. Однако в работе не представлены результаты статистической обработки экспериментальных данных, нет сведений о погрешностях измерений с помощью использованного оборудования и т.д.

5. Работа, по мнению оппонента, перегружена материалом общего характера, в ущерб развернутому обоснованию и постановке решаемых конкретных задач. Например, в математической модели (2.31) на стр.41 вплоть до последней вычислительной процедуры содержится компонента излучения последнего и первого слоев, которыми автор впоследствии

обоснованно пренебрегает. Также векторы p_1 и p_2 (2.52), совпадающие в силу симметрии $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$ рассматриваются как отдельные векторы вплоть до окончательного вычисления.

6. Несмотря на то, что диссертация отличается грамотным изложением, ясным техническим языком, встречаются стилистические и грамматические ошибки. В частности, цель и задачи исследования на взгляд оппонента следовало бы изложить в более согласованной грамматической форме.

Указанные замечания носят частный характер и не снижают научную и практическую ценность проведенных исследований и общую положительную оценку диссертации.

Результаты диссертационной работы в полном мере отражены в 12 публикациях Ильина Владислава Викторовича, 3 из которых опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых Перечнем ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ и приравниваемым к ним. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. В диссертации и автореферате не содержится некорректных заимствований.

Заключение: диссертация «Методика определения теплофизических свойств сверхпроводящего материала в составе энергоустановки летательных аппаратов» является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, выполненной по актуальной тематике, ее тема и содержание соответствуют паспорту специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» (отрасль науки – технические). Диссертация содержит новые научно-технические решения и разработки в области теплофизики и криогенных технологий, имеющие существенное значение для развития страны.

Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук «Положением о присуждении ученых степеней», а ее автор, Ильин Владислав Викторович,

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Управление
и системный анализ теплоэнергетических
и социотехнических комплексов»

ФГБОУ ВО «СамГТУ»

04.12.25 
дата подпись

Лившиц М.Ю.

Телефон: +79063447924

e-mail: usat@samgtu.ru

Почтовый адрес: 443100, Приволжский федеральный округ, Самарская область, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244, Главный корпус, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет»

Подпись Лившица Михаила Юрьевича удостоверяю

Ученый секретарь
ФГБОУ ВО «Самарский
Государственный
технический
Университет»

(должность)



(подпись)

Малиновская Юлия Александровна

(Ф.И.О.)



С отзывом ознакомлен.


08.12.25 Чиркин В.В.