



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной и
инновационной деятельности

К.Т.Н., доцент

А.Н. Копысов

«10» 04 2026 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ежова Алексея Дмитриевича
на тему: «Комплексные методы решения задач контактного теплообмена для
энергоэффективного управления тепловыми режимами», представленной на соискание
ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.14 «Теплофизика и
теоретическая теплотехника».

Актуальность темы диссертации

В условиях развития современной промышленности, в том числе в ракетной и авиационной, актуальной задачей остается повышение энергоэффективности и срока службы энергетических установок. При этом, повышение энергоэффективности сопряжено с ростом рабочих температур в камерах энергоустановок, что требует новых и эффективных мер, как по тепловой защите конструктивных теплонагруженных элементов, так и по организации отвода избыточного тепла. При этом, контактный теплообмен, для соприкасающихся рабочих поверхностей, имеет весомый удельный вклад в общие процессы теплопереноса. В виду чего, вопросы разработки новых эффективных методов моделирования и прогнозирования контактного теплообмена в энергетических установках остается актуальными. А отсутствие апробированных и достоверных методов прогнозирования тепловых режимов конструктивных элементов энергоустановок — открытой научной проблемой.

Таким образом, для адекватного прогнозирования и моделирования контактного термического сопротивления требуется разработка как комплексных научно-обоснованных расчетных методов, так и корректных методик восстановления микрорельефа контактных поверхностей, что в совокупности, обуславливает высокую актуальность темы диссертации Ежова Алексея Дмитриевича.

Следует отметить, что диссертация Ежова Алексея Дмитриевича выполнена по классическому образцу. В ней присутствуют как теоретический раздел, посвященный созданию расчетных методик, так и экспериментальные исследования, подтверждающие результаты расчетов, что, несомненно, увеличивает ценность диссертационного исследования.

Новизна приведенных исследований и полученных результатов

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«02» 04 2026 г.

К новым научным результатам, полученным в работе, относятся:

1. Разработана методика создания цифровых двойников микрорельефа поверхности, объединяющая два взаимодополняющих алгоритма фильтрации: метод вершин и метод локальных экстремумов.

2. Создана комплексная теоретическая модель, интегрирующая механику контакта шероховатых поверхностей с теплообменом в контактной зоне при учете лучистого переноса и влияния анизотропии свойств материалов на теплообмен.

3. Экспериментально и численно обоснована значимая роль лучистого теплообмена при высоких температурах и низких сжимающих давлениях.

4. Исследовано совместное влияние анизотропии свойств композитов и микрогеометрии контакта на величину КТС. Разработана методика параметризации углов ориентации волокон при моделировании композитных материалов, что позволило выявить оптимальные углы армирования углеродных композитов для минимизации термического сопротивления.

5. На основе комплексного подхода к моделированию КТС разработаны методики оптимизации конструкции замкового соединения керамических лопаток с металлическим диском газотурбинного двигателя и камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя малой тяги с композитной оболочкой..

Личный вклад автора

Научные результаты, выносимые на защиту, получены автором лично. Экспериментальные и расчетные результаты, приведенные в работе, получены и автором лично или в соавторстве. Обработка результатов выполнялась вместе с соавторами.

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и заключений

Достоверность результатов обеспечена использованием фундаментальных законов теплофизики, теплообмена, термодинамики, верификацией конечно-элементных моделей на аналитических зависимостях, собственных и литературных экспериментальных данных, а также подробной верификацией результатов численного моделирования на экспериментальных данных.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Теоретическая значимость работы обуславливается существенным расширением теории контактного теплообмена (включение нелинейных, мультифизических и анизотропных эффектов), формированием методов прогнозирования тепловой проводимости при контактном взаимодействии в теплонагруженных узлах и агрегатах, переопределению (в том числе на основе экспериментальных исследований) роли

лучистого теплообмена в контактных соединениях, особенно в безвоздушной среде, а также в расширении математического аппарата цифрового моделирования микрорельефа поверхностей.

Практическая значимость работы заключается в широкой применимости полученных результатов к практическим и промышленным задачам. Так, полученные результаты могут быть полезны и применены в авиационно-космической промышленности (обеспечение повышения точности прогнозирования тепловых режимов ГТД и в качестве инструментария оптимизации конструкций ГТД), в энергетике и теплообменном оборудовании (для оптимизации конструкций теплообменного оборудования за счет снижения контактного термического сопротивления); в микроэлектронике и электронной технике разработанные подходы позволяют повысить эффективность теплоотвода от элементов с высоким тепловыделением (мощностью). Также результаты, полученные в диссертационной работе могут найти свое применение в транспортной промышленности и в компьютерном инжиниринге различных систем.

Замечания по автореферату диссертации:

При рассмотрении автореферата возник ряд замечаний и вопросов, которые носят в основном дискуссионный характер, а именно:

1. В автореферате используется термин «цифровой двойник шероховатой поверхности» для авторского алгоритма воссоздания микрорельефа поверхности на основе обработки и анализа профилограмм. Однако, сущность цифрового двойника в автореферате не раскрыта, показан только алгоритм восстановления рельефа и топологической структуры.

2. На стр.21 автореферата указано, что по модели микрорельефа, определенной уравнениями (1)-(15) разработана численная реализация методики расчета контактного термического сопротивления. Однако, уравнения (1)-(15) справедливы только для описания микрорельефа и не могут быть применены к тепловой задаче. Возможно, имелось в виду, что задача расчета контактных термических напряжений далее будет решена для восстановленного микрорельефа поверхностей контакта.

3. В автореферате хотелось бы более подробно увидеть физическую и математическую постановку задач, как взаимодействия шероховатых поверхностей, так и задач контактного теплообмена сопрягаемых поверхностей и задач НДС анизотропных материалов.

4. В научной новизне отсутствуют количественные результаты.

5. В автореферате присутствует нарушение нумерации рисунков, не указано для каких пар материалов получены температурные поля и поля эквивалентных напряжений.

Общая характеристика работы

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 75 научных работах, 25 из которых опубликованы в рецензируемых научных изданиях Перечня ВАК РФ, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин

Заключение

Исходя из содержания автореферата, диссертационная работа Ежова Алексея Дмитриевича является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной проблемы. Диссертация соответствует требованию п. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Ежов Алексей Дмитриевич заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Профессор кафедры «Тепловые двигатели и установки»,

ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова

(426069, Ижевск, Студенческая ул., д. 7, г. Ижевск, УР, Тел. (3412) 58-53-58, info@istu.ru)

доктор технических наук (специальность 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов),

профессор



Бендерский Борис Яковлевич

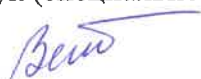
Профессор кафедры «Тепловые двигатели и установки»,

ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова

(426069, Ижевск, Студенческая ул., д. 7, г. Ижевск, УР, Тел. (3412) 58-53-58, info@istu.ru)

доктор физико-математических наук (специальность 01.02.01 – Теоретическая механика),

доцент



Ветчанин Евгений Владимирович

Профессор кафедры «Тепловые двигатели и установки»,

ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет

имени М.Т. Калашникова

(426069, Ижевск, Студенческая ул., д. 7, г. Ижевск, УР, Тел. (3412) 58-53-58, info@istu.ru)

доктор технических наук (специальность 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы),

доцент



Чернова Алёна Алексеевна

Я, Бендерский Борис Яковлевич, даю свое согласие на обработку персональных данных, приведенных в настоящем документе.



Я, Ветчинин Евгений Владимирович, даю свое согласие на обработку персональных данных, приведенных в настоящем документе.



Я, Чернова Алёна Алексеевна, даю свое согласие на обработку персональных данных, приведенных в настоящем документе.

