

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.379.10, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА»

МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 18 сентября 2026 года № 15

о присуждении Лю Цзюньцзе, гражданину Китайской Народной Республики,
учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод проектирования спиральных пластинчато-ребристых теплообменников-регенераторов авиационного ГТД» по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов принята к защите 10 июля 2026 года (протокол заседания № 12) диссертационным советом 24.2.379.10, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (443086, г. Самара, Московское шоссе, 34), приказом Минобрнауки России от 14.02.2023 №229/нк с изменениями, внесенными приказами от 20.03.2026 №209/нк, от 10.06.2026 №495/нк.

Соискатель Лю Цзюньцзе, 30 августа 1995 года рождения, в 2021 году окончил Северо-Западный политехнический университет по программе обучения «Энергетическое машиностроение», с 2022 по 2026 год осваивал программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» по научной специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, в настоящее время не работает.

Диссертация выполнена на кафедре теплотехники и тепловых двигателей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Угланов Дмитрий Александрович, доктор

технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей.

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук, доцент Разносчиков Владимир Валентинович, федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», ведущий научный сотрудник отдела специальных авиационных двигателей и химмотологии,

- кандидата технических наук Бурцев Сергей Алексеевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», доцент кафедры «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном исполняющим обязанности заведующего кафедрой 204 «Авиационно-космическая техника» кандидатом технических наук, доцентом Ежовым Алексеем Дмитриевичем, профессором кафедры 204, доктором технических наук, доцентом Янышевым Дмитрием Сергеевичем, профессором кафедры 204, доктором технических наук, профессором Молчановым Александром Михайловичем, и утверждённом проректором по научной работе доктором технических наук, доцентом Ивановым Андреем Владимировичем, указала, что диссертационная работа Лю Цзюньцзе является законченной научной работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности авиационных газотурбинных двигателей с генерацией теплоты путем разработки и оптимизации компактных спиральных и двуспиральных теплообменников-регенераторов. Работа характеризуется научной новизной, обоснованностью и достоверностью основных положений, имеет существенную практическую значимость, содержит результаты численных и экспериментальных исследований, а также результаты внедрения. Содержание диссертации соответствует научной специальности, отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Лю Цзюньцзе заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 4 работы опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК России, 9 работ опубликованы в научных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала по теме диссертации составляет 4,9 п.л. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: комплексный показатель эффективности (JF), характеризующий отношение между интенсификацией теплообмена и возрастанием гидравлического сопротивления в исследуемых структурах; гидродинамические и тепловые закономерности течения и интенсификации теплообмена в каналах со спиральным и двуспиральным оребрением; методика оценки эффективности МГТД с учётом параметров и характеристик теплообменного аппарата, устанавливающая взаимосвязь между геометрическими параметрами оребренной поверхности теплообменного аппарата и интегральными термодинамическими показателями рабочего цикла двигателя; оценка влияния геометрических параметров оребренной поверхности теплообменного аппарата на эффективность теплообмена и потери давления рабочего тела; метод проектирования сверхкомпактных теплообменников-регенераторов для авиационных МГТД, основанный на интеграции численного моделирования и алгоритмов машинного обучения; разработка и апробация алгоритмов машинного обучения численное моделирование теплообменного аппарата с перфорированным спиралевидным оребрением.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы:

1. Kedam N, Uglanov D A, Junjie L, et al. Unified ИНС model for heat transfer factor (j) and friction factor (f) prediction in offset strip and wavy fin PFHEs[J]. Case Studies in Thermal Engineering, 2024. 103845 - Т. 53. (научная статья 1,3 п.л./0,4 п.л.) (Результат: комплексный показатель эффективности (JF), характеризующий отношение между интенсификацией теплообмена и возрастанием гидравлического сопротивления в исследуемых структурах).
2. Битерякова Е. М., Павлихин И. С., Казандаев В.В., Лю Ц., Угланов Д.А., Шиманов А.А., Кудинов И. В. Исследование теплогидравлических характеристик теплообменного аппарата с перфорированным спиралевидным оребрением. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. — 2025. - Т. 33. № 4. — С. 96-116. (научная статья 1,5 п.л./0,35 п.л.); (Результат:

- гидродинамические и тепловые закономерности течения и интенсификации теплообмена в каналах со спиральным и двуспиральным оребрением).
3. Liu J, Uglanov D A, Kedam N, et al. Research Calculating of Micro Gas Turbine Engine Heat Exchanger[C]//2024 2nd Asian Aerospace and Astronautics Conference (AAAC). IEEE, 2024: 203-209 (научная статья 0,4 п.л./0,15 п.л.); (результат: методика оценки эффективности МГТД с учётом параметров и характеристик теплообменного аппарата (ТА), устанавливающая взаимосвязь между геометрическими параметрами оребренной поверхности теплообменного аппарата и интегральными термодинамическими показателями рабочего цикла двигателя).
 4. Liu J, Uglanov D A, Kedam N, et al. Numerical study on a new spiral fin heat Exchanger's thermal-hydraulic performance[J]. Case Studies in Thermal Engineering, 2024. 104895 - Т. 61. (научная статья 0,75 п.л./0,25 п.л.); (результат: влияние геометрических параметров оребренной поверхности теплообменного аппарата на эффективность теплообмена и потери давления рабочего тела).
 5. Liu J, Dmitry A U, Kedam N, et al. Enhanced compactness and thermal performance of a novel double spiral finned heat exchanger: A CFD and ИНС approach[J]. Applied Thermal Engineering, 2025. 126910 -. Т. 275. (научная статья 1,0 п.л./0,3 п.л.); (результат: метод проектирования сверхкомпактных теплообменников-регенераторов для авиационных МГТД, основанный на интеграции численного моделирования и алгоритмов машинного обучения).
 6. Liu, J. Machine learning prediction of thermal-hydraulic (j-f) characteristics in compact heat exchangers with six fin configurations / J. Liu, D. Uglanov, N. Kedam, G. Zheng, A. Shimanov, A. Shimanova, Z. Lian // Applied Thermal Engineering. - 2025. 128491 - Т. 280. – DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2025.128491. (научная статья 1,0 п.л./0,35 п.л.); (результат: разработка и апробация алгоритмов машинного обучения).

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов от организаций:

1. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», отзыв составлен и подписан Сотовым Антоном Владимировичем, к.т.н., ведущим научным сотрудником лаборатории «Дизайн материалов и аддитивного производства». Замечания: недостаточно подробно раскрыты вопросы, связанные с влиянием режимных параметров (изменения давления, температуры на входе) на эффективность работы спиральных теплообменников-регенераторов в условиях переменных режимов полета.

2. ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», отзыв составлен и подписан Юнаковым

Леонидом Павловичем, доцентом кафедры А8 «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» факультета «А» Ракетно-космической техники. Замечания: в автореферате желательно указать абсолютные значения массы, коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления сравниваемых теплообменников (ПРТ, СПРТ, ДСПРТ); в работе следует дать прогноз изменения в процессе эксплуатации ГТД тепловых и гидравлических характеристик ПРТ с волнистыми и спиральными ребрами, в частности, из-за возможных загрязнений каналов.

3. ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», отзыв составлен и подписан Некрасовым Дмитрием Анатольевичем, к.т.н., заведующим кафедрой «Техника низких температур им. П.Л. Капицы». Замечания: не до конца ясно, каким образом осуществляется учёт и масштабирование концевых эффектов, а также пересчёт локальных теплогидравлических характеристик на полноразмерный аппарат спиральной конструкции; не в полной мере описано, каким образом сравнивались результаты CFD-расчёта локальных факторов j и f с данными физического эксперимента и учитывались ли систематические погрешности измерительного оборудования.

4. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», отзыв составлен и подписан Хромовым Александром Владимировичем, к.ф.-м.н., доцентом кафедры экспериментальной ядерной физики и космофизики. Замечания: недостаточная проработка вопроса о влиянии работы теплообменника-регенератора в составе силовой установки в целом.

5. ПАО «ОДК-Кузнецов», отзыв составлен и подписан Новиковой Юлией Дмитриевной, к.т.н., начальником отдела инновационного развития службы генерального конструктора. Замечания: не в полной мере раскрыты границы применимости полученных оптимальных решений при изменении режимных и конструктивных параметров МГТД; при сравнении результатов CFD-моделирования с результатами эксперимента не представлены параметры процесса (температура, давление, расход, размеры теплообменника), за исключением числа Рейнольдса.

6. ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», отзыв составлен и подписан Шиловой Аленой Алексеевной, к.т.н., доцентом кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы». Замечания: недостаточно освещено влияние технологических факторов, характерных для аддитивного производства (шероховатость поверхности, остаточные напряжения), на реальные характеристики спроектированных ребристых структур; методология пересчёта

локальных данных на полноразмерный аппарат в автореферате изложена неполно.

7. АО «Металлист-Самара», отзыв составлен и подписан Тюлькиным Дмитрием Дмитриевичем, к.т.н., главным конструктором по серийным изделиям АО «Металлист-Самара». Замечания: из представленного материала неочевидно, какая именно конфигурация спирального канала сравнивалась с какой конфигурацией волнообразного канала; результаты контрольной верификации Парето-оптимальных решений в программе Ansys Fluent с допустимой погрешностью менее 5 % в автореферате не приведены, отсутствуют сравнительные таблицы и графики, показывающие расхождение между прогнозными характеристиками и контрольным CFD-расчётом для финальных оптимальных решений.

8. ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», отзыв составлен и подписан Кудиновым Игорем Васильевичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Физика». Замечания: не приведены критериальные уравнения, обобщающие результаты численного моделирования для спиральных и двуспиральных каналов в виде зависимостей $Nu = f(Re, Pr, \text{геометрические характеристики})$; не раскрыт механизм выбора дополнительных точек для дообучения суррогатной модели.

9. ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», отзыв составлен и подписан Карнаух Викторией Викторовной, д.т.н., доцентом, профессором кафедры холодильной и торговой техники имени Осокина В.В. Замечания: не рассмотрены вопросы долговечности и ресурса предложенных спиральных и двуспиральных конструкций при длительной эксплуатации в условиях высоких температур и циклических термонагрузок; не ясна экономическая эффективность внедрения разработанной методики.

В полученных отзывах отмечено, что указанные замечания в целом не снижают высокой оценки работы, а сама диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Лю Цзюньцзе учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Выбор Разносчикова Владимира Валентиновича в качестве официального оппонента обосновывается его компетенциями в области исследований авиационных двигателей.

Выбор Бурцева Сергея Алексеевича в качестве официального оппонента обосновывается компетенциями в области исследований теплообмена в компонентах ГТД.

Выбор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в качестве ведущей организации обосновывается наличием известных специалистов, таких как заведующий кафедрой 203, д.т.н., профессор Ю.А. Равикович, исполняющий обязанности заведующего кафедрой 204, к.т.н., доцент А.Д. Ежов, профессор кафедры 204, д.т.н., профессор Д.С. Янышев, профессор кафедры 204, д.т.н., профессор А.В. Молчанов, область компетенций которых связана с проектированием современных авиационных двигателей и вопросами проектирования теплообменников.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

- метод проектирования сверхкомпактных теплообменников-регенераторов для авиационных микрогазотурбинных двигателей, основанный на сквозной интеграции численного моделирования, экспериментальных данных, алгоритмов машинного обучения и многокритериальной оптимизации;

- методика определения теплогидравлических характеристик теплообменного аппарата для авиационного ГТД с применением физико-ориентированного обучения нейронных сетей, отличающихся от традиционных эмпирических подходов тем, что фундаментальные уравнения теплообмена и гидродинамики непосредственно учитываются при обучении модели;

- экспериментальный образец теплообменника-регенератора для микрогазотурбинных двигателей.

предложена методика оценки эффективности микрогазотурбинных двигателей с учётом параметров и характеристик теплообменного аппарата, устанавливающая взаимосвязь между геометрическими параметрами оребренной поверхности теплообменного аппарата и интегральными термодинамическими показателями рабочего цикла двигателя;

доказана перспективность использования спиральных и двуспиральных теплообменников-регенераторов для регенерации теплоты выхлопных газов газотурбинных двигателей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены основные положения термодинамики, теплопередачи, методики вычислительной гидрогазодинамики, интеллектуальные алгоритмы машинного обучения, методы системного анализа и многокритериальной оптимизации для их совместного применения при проектировании сверхкомпактных теплообменников-регенераторов для авиационных микрогазотурбинных двигателей.

раскрыты механизмы интенсификации теплообмена в спиральных каналах сложной формы, а также эффект возникновения трехмерных вихревых структур, на основании которых получены закономерности коэффициента теплоотдачи в каналах со спиральным и двуспиральным оребрением теплообменников-регенераторов для авиационных микрогазотурбинных двигателей.

изучено влияние интенсивных вторичных течений на разрушение теплового пограничного слоя;

доказано, что внедрение оптимизированных двуспиральных пластинчато-ребристых теплообменников в состав силовой установки авиационного микрогазотурбинных двигателей позволяет снизить рабочий объём матрицы теплообменного аппарата, уменьшить общую массу регенератора и снизить потери давления газа в трактах теплообменника.

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

- применение разработанной методики оценки эффективности позволило установить взаимосвязь между геометрическими параметрами ребер регенератора и интегральными термодинамическими показателями рабочего цикла авиационного двигателя. Проведённые расчётные исследования показали, что внедрение оптимизированных двуспиральных пластинчато-ребристых теплообменников в состав силовой установки авиационного микрогазотурбинных двигателей для обеспечения минимальных массогабаритных характеристик позволяет: уменьшить рабочий объём матрицы теплообменного аппарата на 32,2 %, снизить общую массу регенератора на 18,6 % и потери давления газа в трактах теплообменника на 4,8 %. В случае максимального увеличения тепловой эффективности авиационного микрогазотурбинных двигателей, использование оптимизированной геометрии теплообменника повышает его тепловую эффективность до 87,8 %, что обеспечивает рост эффективного КПД всей силовой установки на 1,5–1,9 %.
- предложенный в диссертации комплексный метод проектирования сверхкомпактных теплообменников-регенераторов **использовался** в рамках выполнения государственного задания по проекту №FSSS-2024-0017 «Исследование рабочих процессов криогенных систем накопления энергии и разработка способов повышения их эффективности»;
- материалы диссертационной работы внедрены в производственный процесс на предприятии АО «Металлист-Самара» (подтверждено актом внедрения);

определены перспективы практического использования предложенного метода проектирования спиральных пластинчато-ребристых теплообменников-регенераторов авиационного ГТД на ПАО «ОДК-Кузнецов», ПАО «Калужский

двигатель», АО «УЗГА» и других предприятиях авиационной и двигателестроительной отрасли.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

результаты экспериментальных исследований получены на сертифицированном и поверенном измерительном оборудовании, обеспечивающем воспроизводимость результатов исследования;

теория, построена на известных, проверенных уравнениях термодинамики и теплопередачи и согласуется с опубликованными данными по теме диссертации и смежным темам;

идея базируется на обобщении передового опыта регенерации теплоты выхлопных газов авиационных ГТД;

установлено качественное совпадение результатов теоретических исследований с натурными экспериментами, а также результатов, полученных автором диссертации, с результатами, представленными в независимых литературных источниках по тематике исследования, когда такое сравнение является обоснованным;

использовано лицензионное программное обеспечение (NX 8.5, Python 2.7), сертифицированный программный продукт Mathcad.

Личный вклад соискателя состоит в получении исходных данных, проведении аналитических и экспериментальных исследований, проектировании и изготовлении экспериментального образца теплообменника-регенератора для микрогазотурбинных двигателей, получении результатов аналитических и экспериментальных исследований, апробации результатов исследования и подготовке основных публикаций по выполненной работе. Все результаты, выносимые на защиту, получены автором лично, либо при его определяющем личном участии.

Полученные результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать в ПАО «ОДК-Кузнецов», ОАО «Металлист-Самара» при создании новых образцов силовых установок и двигателей для авиационной техники.

В ходе защиты диссертационной работы не было высказано критических замечаний.

Соискатель Лю Цзюньцзе ответил на все задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

Диссертация Лю Цзюньцзе является законченной научно-квалификационной работой, соответствует специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов и отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук (пп. 9-14 Положения о присуждении учёных степеней), содержит решение научной задачи повышения эффективности авиационных ГТД с регенерацией

теплоты за счёт применения спиральных пластинчато-ребристых теплообменников-регенераторов, разработанных и созданных методом проектирования, предлагаемым в диссертации.

На заседании 18 сентября 2026 года диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, принял решение присудить Лю Цзюньцзе учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета 24.2.379.10

академик РАН, д.т.н., профессор

Шахматов

Евгений Владимирович

Учёный секретарь

диссертационного совета 24.2.379.10

д.т.н., доцент

18.09.2026



Виноградов

Александр Сергеевич