

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 8 декабря 2023 г. № 9
о присуждении Тремкиной Ольге Витальевне, гражданке Российской
Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование метода определения характеристик низкотемпературных энергоустановок летательных аппаратов» по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов принята к защите 29 сентября 2023 г. (протокол заседания № 3) 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 №229/нкот 14 февраля 2023 г.

Соискатель Тремкина Ольга Витальевна, 12 января 1995 года рождения, в 2019 году окончила с отличием федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» по направлению подготовки 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей». В 2023 году Тремкина О.В. окончила обучение в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» по направлению подготовки 24.06.01 – Авиационная и ракетно-космическая техника с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель исследователь», работает младшим научным сотрудником Научно-образовательного центра газодинамических исследований и ассистентом кафедры 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.

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, профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева».

Официальные оппоненты: Шайкин Александр Петрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинский государственный университет», профессор кафедры «Энергетические машины и системы управления»; Разносчиков Владимир Валентинович, кандидат технических наук, доцент, государственный научный центр, федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», ведущий научный сотрудник отдела двигателей и химмотологии, - дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном доцентом Бондаренко Виталием Леонидовичем, доктором технических наук, заведующим кафедрой «Холодильной, криогенной техники, систем кондиционирования и жизнеобеспечения» и утверждённом профессором Дрогозовом Павлом Анатольевичем, доктором экономических наук, проректором по науке и цифровому развитию, указала, что диссертационная работа Тремкиной Ольги Витальевны является законченной научной работой, в которой содержатся результаты совершенствования метода определения характеристик низкотемпературных энергетических установок (НЭУ) летательных аппаратов (ЛА), использующих низкопотенциальное тепло криопродукта.

Все основные положения, выносимые на защиту, являются обоснованными. Это подтверждается соответствием математических моделей физическим процессам, протекающим в реальных устройствах аэрокосмического назначения, сравнением полученных в диссертации решений с точными аналитическими решениями, с данными других авторов, с решениями

численными методами, выполненными непосредственно автором диссертации. Достоверность, обоснованность и представительность результатов работы обеспечены применением при теоретическом исследовании законов сохранения в общепринятом виде, корректным использованием экспериментальных данных, применением аттестованных измерительных средств, оценкой погрешностей измерений, применением сертифицированного программного обеспечения (ПО). Работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов: п. 1 в части «Теория и рабочий процесс тепловых и электроракетных двигателей летательных аппаратов, а также силовых и энергетических установок...»; п. 2 в части «Характеристики тепловых, электроракетных двигателей летательных аппаратов и их энергетических установок ...»; п. 3 «Источники энергии тепловых и электроракетных двигателей летательных аппаратов, анализ их эффективности и способов реализации энергии в цикле»; п. 4 в части «Рабочие процессы в электроракетных двигателях, энергетических установках для преобразования энергии и направленного сброса энергии...»; п. 23 «Разработка методов расчёта термогазодинамических и теплофизических процессов в двигателях и энергосиловых установках летательных аппаратов, их элементах», а также требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, и требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а её автор Тремкина Ольга Витальевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 44 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 22 работы, из них 9 статей в рецензируемых изданиях, 7 статей в журналах и материалах конференций, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, а также получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала составляет 8,84 печатных листов. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: проведение обобщения, систематизации и структурного анализа схем и состава низкотемпературных энергетических установок, использующих низкопотенциальное тепло криопродукта, разработка новых и модернизация существующих математических моделей и численных моделей процессов низкотемпературных энергетических установок летательных аппаратов, разработка алгоритмов определения характеристик цикла НЭУ ЛА, расширение диапазона применения методики определения характеристик цикла НЭУ ЛА,

разработка уточнённой методики определения характеристик цикла НЭУ ЛА, выбор рабочих тел с учётом температурных уровней в контурах НЭУ ЛА, определение критериев выбора низкотемпературных энергетических установок, проведение анализа их параметрических характеристик, разработка алгоритма комплексного проектирования НЭУ ЛА и разработка уточнённой методики комплексного проектирования НЭУ ЛА. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы:

1) Тремкина, О.В. Оценка показателей эффективности схемных решений установок когенерации на базе ГТУ при использовании СПГ в качестве топлива [Текст] / И.А. Архаров, А.И. Довгялло, Д.А. Угланов, О.В. Тремкина // Химическое и нефтегазовое машиностроение — 2023. — № 1. — С. 25-30. (научная статья 0,38 п.л./0,2 п.л.);

2) Тремкина, О.В. Энергетический комплекс на СПГ, интегрированный с воздухоразделительной установкой и низкотемпературными энергоустановками [Текст] / О.В. Тремкина, Д.А. Угланов, О.А. Манакова, А.Б. Шиманова // Вестник Международной академии холода. - 2022. - № 3.- С. 3-12. (научная статья 0,63 п.л./0,3 п.л.);

3) Tremkina, O.V. Calculation of energy parameters of LNG power plant with utilization its cold energy [Text] / O.V. Tremkina, D.A. Uglanov, D.V. Sarmin, O.A. Manakova, A.L. Lopatin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2020. — Vol. 926. Issue 1. (научная статья 0,6 п.л./0,25 п.л.);

4) Тремкина, О.В. Выбор оптимальной схемы и расчётное исследование параметров криогенной силовой установки беспилотного летательного аппарата [Текст] / О.В. Тремкина, Д.А. Угланов, В.В. Урлапкин, С.С. Корнеев, Ю.В. Комисар // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. - 2021. - Т. 20. № 4. — С. 59-68. (научная статья 0,6 п.л./0,4 п.л.);

5) Терещенко (Тремкина), О.В. Выбор оптимальной схемы гибридной криогенной энергетической установки [Текст] / О.В. Терещенко (Тремкина), Д.А. Угланов // Насосы. Турбины. Системы. — 2019. — № 2 (31). — С. 30-36. (научная статья 0,44 п.л. / 0,22 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов от организаций:

1) АО «ОДК», отзыв составлен и подписан Ляпиным Валерием Павловичем, к.т.н., главным специалистом – учёным секретарём научно-технического совета;

2) Ассоциация «Союз авиационного двигателестроения» (АССАД), отзыв составлен и подписан Чуйко Виктором Михайловичем, д.т.н., президентом АССАД;

- 3) ПАО «ОДК-Кузнецов», отзыв составлен и подписан Данильченко Валерием Павловичем, д.т.н., профессором, главным конструктором;
- 4) ПАО «ОДК-Сатурн», отзыв составлен и подписан Харченко Романом Витальевичем, к.т.н., ведущим инженером-конструктором КО турбин;
- 5) ПК «Салют» АО «ОДК», отзыв составлен и подписан Гореловым Юрием Генриховичем, к.т.н., зам. начальника отдел прочности и тепломассообмена ОКБ;
- 6) АО «Казанское моторостроительное производственное объединение» (КМПО), отзыв составлен и подписан Кусюмовым Сергеем Александровичем, к.т.н., инженером-конструктором службы главного конструктора и Скащенко Алексеем Юрьевичем, зам. генерального директора по техническому развитию – главным инженером;
- 7) АО «Металлист-Самара», отзыв составлен и подписан Федорченко Дмитрием Геннадьевичем, к.т.н., главным конструктором и Цыбизовым Юрием Ильичом, д.т.н., профессором, ведущим конструктором;
- 8) ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», отзыв составлен и подписан Галеевым Антоном Валерьевичем, к.т.н., доцентом кафедры 610 «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» института №6 «Аэрокосмический»;
- 9) ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», отзыв составлен и подписан Назаровым Владимиром Павловичем, к.т.н., профессором кафедры двигателей летательных аппаратов;
- 10) ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», отзыв составлен и подписан Кузнецовым Виктором Ивановичем, д.т.н., профессором, профессором кафедры «Авиа- и ракетостроение»;
- 11) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», отзыв составлен и подписан Сулиным Александром Борисовичем, д.т.н., профессором образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы»;
- 12) ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», отзыв составлен и подписан Поповичем Анатолием Анатольевичем, д.т.н., профессором, директором института машиностроения, материалов и транспорта и Сотовым Антоном Владимировичем, к.т.н., ведущим научным сотрудником лаборатории «Дизайн материалов и аддитивного производства»;
- 13) ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», отзыв составлен и подписан Кудиновым Игорем Васильевичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Физика»;

14) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», отзыв составлен и подписан Гориным Александром Николаевичем, д.т.н., профессором кафедры холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

Критическими замечаниями в представленных отзывах являются: в автореферате не раскрыт с экономической точки зрения вопрос проектирования и создания низкотемпературных энергетических установок летательных аппаратов; не показаны энергетические установки, применяемые в реальной практике на борту космических летательных аппаратов, а также планируемые к применению в ближайшей перспективе; отсутствует связь между экспериментальной наземной одноконтурной НЭУ и НЭУ космических летательных аппаратов, а также не нашли своё отражение вопросы надёжности НЭУ ЛА; не раскрыт вопрос, посвящённый проблемам существующих энергетических установок летательных аппаратов; отсутствует оценка эффективности низкотемпературных энергетических установок по экономическим и экологическим показателям; недостаточно пояснений к алгоритму, используемому для определения эффективности НЭУ при условии получения максимальной мощности и представленному в виде блок-схемы на рисунке 6; не продемонстрированы методы и методики, по которым считаются существующие на сегодняшний день энергетические установки; не рассмотрены вопросы разработки и применения специальной (возможно автономной) системы управления рабочими процессами НЭУ летательных аппаратов; не указано назначение низкотемпературных энергоустановок, анализ характеристики цикла которых проведён в третьей главе диссертации; из автореферата неочевидно, чем вызван выбор диапазона рабочего тела от 0 до 5 кг/с, а также не указано, что означает криогенное состояние энергии; в автореферате отсутствует оценка погрешности результатов измерений при проведении экспериментального исследования одноконтурной НЭУ на основе баллона с криогенной заправкой.

В полученных отзывах отмечено, что указанные замечания в целом не снижают высокой оценки работы, а сама диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, и сделано заключение о возможности присуждения Тремкиной О.В. учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Выбор Шайкина Александра Петровича в качестве официального оппонента обосновывается его компетенциями в области исследований

контроля, управления и организации процессов сжигания жидкого, газообразного и мелкодисперсного топлива, в том числе сжиженного природного газа, в камерах сгорания тепловых двигателей и энергетических установок летательных аппаратов.

Выбор Разносчикова Владимира Валентиновича в качестве официального оппонента обосновывается компетенциями в области исследований теплового состояния криогенной топливной системы летательных аппаратов, углеводородных жидких топлив и повышения эффективности силовой установки беспилотного летательного аппарата за счёт применения криогенного топлива.

Выбор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» в качестве ведущей организации обосновывается наличием специалистов, таких как д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения», директор НОЦ «Криология» Бондаренко Виталий Леонидович, д.т.н., профессор, кафедры «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения» Архаров Иван Алексеевич, д.т.н., профессор, кафедры «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения» Архаров Алексей Михайлович, д.т.н., профессор, кафедры «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения», декан факультета «Энергетическое машиностроение», Жердев Анатолий Анатольевич области компетенций которых связаны с вопросами совершенствования криогенного машиностроения, схемных решений процесса охлаждения криогенных продуктов, предназначенных для заправки ракеты-носителя, анализа термодинамической эффективности установок реконденсации паров сжиженного природного газа и низкотемпературными энергетическими установками.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

– усовершенствованная математическая модель НЭУ ЛА путём уточнения показателя степени m , являющегося многопараметрической функцией, в классической формуле оценки эффективности Карзона-Новикова, использование которой позволяет уточнить КПД цикла, предопределить с наибольшей точностью характеристики НЭУ ЛА и учесть рабочие характеристики, геометрические и конструктивные параметры теплообменных аппаратов. Данная теоретическая модель является новым расчётным комплексом для проведения расчётных исследований и проектирования НЭУ ЛА;

- численные модели процессов НЭУ ЛА с целью их многокритериального (многопараметрического) выбора;
- уточнённая методика определения характеристик цикла НЭУ ЛА путём разработки алгоритмов с учётом их структуры и особенностей, отличающаяся от существующих методик тем, что впервые установлены закономерности влияния совокупности параметров (температурных напоров, свойств рабочего тела, уровней температур источников тепла, рабочих характеристик цикла, коэффициентов теплопередачи, площади поверхности теплообмена, расхода, теплоёмкости рабочего тела, геометрических и конструктивных параметров теплообменных аппаратов) на эффективность работы НЭУ ЛА, что позволяет повысить точность определения КПД на величину до 20 %, а также расширен диапазон применения методики определения характеристик цикла НЭУ при расходе рабочего тела от 0 до 5 кг/с, что позволяет применять методику как для бортовых НЭУ космических ЛА (малые расходы), так и для более мощных НЭУ для освоения Луны (высокие расходы);
- уточнённая общая методика комплексного проектирования НЭУ ЛА путём проведения структурного анализа их схем и состава, выбора рабочих тел с учётом температурных уровней в контурах, определения критериев выбора НЭУ ЛА и проведения анализа их параметрических характеристик, отличающаяся от существующих методик тем, что включает в себя все этапы проектирования от выбора криопродукта и оценки его энергетического потенциала (предпроектный этап – I этап) до определения параметрических характеристик (техико-экономическое обоснование проекта – II этап) и проведения многопараметрического выбора НЭУ ЛА (разработка проектной документации – III этап), а также вновь предложенные и введённые энергоэкономические показатели (КПД «карнотизированного» цикла с уточнённым показателем степени m ; максимальный коэффициент возврата низкопотенциальной энергии криопродукта, коэффициент возврата низкопотенциальной энергии криопродукта с учётом предполагаемых потерь, относительное приращение мощности за счёт утилизации низкопотенциальной энергии, удельная работа низкотемпературных циклов, приходящаяся на 1 кг криопродукта, коэффициент выработки дополнительной энергии с учётом располагаемой теплоты только от фазового перехода и коэффициент выработки дополнительной энергии с учётом фазового перехода и физического тепла изобарного процесса), что позволяет сократить время проектирования и создания НЭУ ЛА;
- модернизированная модель энергетических установок космических ЛА, в состав которых введены НЭУ, что позволяет получить до 7 % дополнительной энергии.

предложены:

- введение в рассмотрение совокупности параметров: температурных напоров, свойств рабочего тела, уровней температур источников тепла, рабочих характеристик цикла, коэффициентов теплопередачи, площади поверхности теплообмена, расхода, теплоёмкости рабочего тела, геометрических и конструктивных параметров теплообменных аппаратов;
- расширение диапазона применения методики определения характеристик цикла НЭУ при расходе рабочего тела от 0 до 5 кг/с;
- алгоритм построения математической модели НЭУ ЛА;
- энергоэкономические показатели: КПД «карнотизированного» цикла с уточнённым показателем степени m ; максимальный коэффициент возврата низкопотенциальной энергии криопродукта, коэффициент возврата низкопотенциальной энергии криопродукта с учётом предполагаемых потерь, относительное приращение мощности за счёт утилизации низкопотенциальной энергии, удельная работа низкотемпературных циклов, приходящаяся на 1 кг криопродукта, коэффициент выработки дополнительной энергии с учётом располагаемой теплоты только от фазового перехода и коэффициент выработки дополнительной энергии с учётом фазового перехода и физического тепла изобарного процесса.

доказана перспективность использования разработанного усовершенствованного метода определения характеристик низкотемпературных энергоустановок летательных аппаратов, объединяющего уточнённую методику определения характеристик цикла НЭУ ЛА и уточнённую общую методику комплексного проектирования НЭУ ЛА, для развития теоретических основ проектирования тепловых, электроракетных двигателей и энергоустановок летательных аппаратов и повышения точности проектировочных расчётов НЭУ ЛА.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены основные положения термодинамики, теплопередачи и теплотехники, теории теплообмена, современные методы математического моделирования сложных систем, методы системного анализа, теории и методы построения и реализации численных моделей;

раскрыто и впервые установлено влияние совокупности параметров (температурных напоров, свойств рабочего тела, уровней температур источников тепла, рабочих характеристик цикла, коэффициентов теплопередачи, площади поверхности теплообмена, расхода, теплоёмкости рабочего тела, геометрических и конструктивных параметров теплообменных аппаратов) на эффективность работы НЭУ ЛА;

изучены методы определения характеристик НЭУ ЛА;

доказана возможность повышения точности проектировочных расчётов НЭУ ЛА за счёт применения усовершенствованного метода определения характеристик НЭУ, использующих низкопотенциальное тепло криопродукта;

проведена модернизация методики определения характеристик цикла НЭУ ЛА, общей методики комплексного проектирования НЭУ ЛА и модели энергетических установок космических ЛА, в состав которых введены НЭУ.

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

– предложенный в диссертации усовершенствованный метод определения характеристик НЭУ ЛА **использовался при проектировании и создании** криогенного преобразователя энергии на основе турбогенератора в рамках выполнения государственного задания по проекту №FSSS-2020-2019 «Исследование процессов преобразования низкопотенциальной энергии криопродукта в различных энергетических системах и установках» в рамках госпрограммы РФ Фундаментальные исследования «Для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» (47 ГП) база ВУЗ (подтверждено актом внедрения от 11 сентября 2023 года);

– уточнённая общая методика комплексного проектирования НЭУ ЛА **включена в лекционный и практический курс** «Теоретические основы низкотемпературной техники и расчёт криогенных циклов», направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение (профиль: Технологии проектирования энергетических систем холодильной и криогенной техники) в рамках учебного процесса Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (подтверждено актом внедрения от 8 сентября 2023 года);

– материалы диссертационной работы **применялись при разработке** энергоустановок с использованием криогенных видов топлива, что позволило повысить качество проектирования и изготовления, снизить цикл разработки и себестоимости изделия в АО «Металлист-Самара» (подтверждено актом внедрения).

определены перспективы практического использования предложенного метода определения характеристик НЭУ ЛА в АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», Центральном институте авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, на производственных предприятиях, в конструкторских бюро и научных институтах АО «ОДК»: ПАО «ОДК-Кузнецов», ПАО «ОДК-Сатурн», АО «ОДК-Газовые турбины», АО «ОДК-Авиадвигатель», АО «ОДК-Пермские моторы», ООО «ОДК Инжиниринг», на АО «РКЦ «Прогресс» и других предприятиях авиационной и ракетно-космической отрасли.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

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

теория, лежащая в основе метода определения характеристик НЭУ ЛА, построена на классических положениях теории термодинамики, теплопередачи, теплотехники, теплообмена и тепломассопереноса и согласуется с опубликованными данными по теме диссертации и смежным отраслям;

идея использования низкопотенциальной энергии на борту космических летательных аппаратов базируется на обобщении передового опыта в области теории и методов построения и реализации численных моделей;

установлено качественное совпадение результатов численного моделирования процессов НЭУ с экспериментальными данными по энергетическим показателям;

использованы лицензионное программное обеспечение (Python 2.7) сертифицированные программные продукты Scilab и Mathcad.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии соискателя в получении исходных данных, проведении обобщения, систематизации и структурного анализа схем и состава низкотемпературных энергетических установок, использующих низкопотенциальное тепло криопродукта, в разработке новых и модернизации существующих математических моделей и численных моделей процессов низкотемпературных энергетических установок летательных аппаратов, разработке алгоритмов определения характеристик цикла НЭУ ЛА, расширении диапазона применения методики определения характеристик цикла НЭУ ЛА, установлении закономерностей влияния совокупности параметров (температурных напоров, свойств рабочего тела, уровней температур источников тепла, рабочих характеристик цикла, коэффициентов теплопередачи, площади поверхности теплообмена, расхода, теплоёмкости рабочего тела, геометрических и конструктивных параметров теплообменных аппаратов) на эффективность работы НЭУ ЛА, разработке уточнённой методики определения характеристик цикла НЭУ ЛА, выборе рабочих тел с учётом температурных уровней в контурах НЭУ ЛА, определении критериев выбора НЭУ ЛА, проведении анализа их параметрических характеристик, разработке алгоритма комплексного проектирования НЭУ ЛА, разработке уточнённой методики комплексного проектирования НЭУ ЛА, проведении аналитических и экспериментальных исследований, 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.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: проведение модернизации существующих структурных схем энергетических установок космических летательных аппаратов следовало бы отметить отдельным пунктом научной новизны; в перечне публикаций по теме диссертационной работы отсутствуют публикации, написанные только соискателем.

Соискатель согласился с замечаниями, отмеченными в ходе заседания.

Диссертация Тремкиной О.В. 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. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении учёных степеней). Работа является актуальной, имеющей значение для развития авиационной и ракетно-космической отрасли, в диссертации содержится решение научной задачи повышения точности проектировочных расчётов низкотемпературных энергетических установок летательных аппаратов за счёт совершенствования метода определения характеристик низкотемпературных энергетических установок, использующих низкопотенциальное тепло криопродукта, имеющей существенное значение для развития теоретических основ проектирования двигателей и энергетических установок летательных аппаратов.

На заседании 8 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Тремкиной Ольге Витальевне 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 14 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

8.12.2023

Виноградов Александр Сергеевич

