

Отзыв научного руководителя
о работе Тремкиной Ольги Витальевны
над кандидатской диссертацией «Совершенствование метода определения характеристик
низкотемпературных энергоустановок летательных аппаратов», представленной к защите на
соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.15 – Тепловые электроракетные двигатели и энергоустановки
летательных аппаратов

Тремкина Ольга Витальевна 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».

После защиты выпускной квалификационной работы специалиста «Расчет энергетических характеристик криогенного двигателя с нулевым выбросом вредных веществ», выполненной в Самарском национальном исследовательском университете имени академика С.П. Королева в 2019 году, Тремкина Ольга Витальевна поступила в аспирантуру на кафедру теплотехники и тепловых двигателей Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева и продолжила свои исследования в области криогенных двигателей и низкотемпературных энергоустановок, позволяющих использовать низкопотенциальную теплоту криопродуктов в технологиях аэрокосмического назначения. В 2023 году она успешно окончила обучение в аспирантуре и защитила научно-квалификационную работу «Методика определения характеристик низкотемпературных энергетических установок, использующих низкопотенциальное тепло криопродукта» (направление подготовки – 24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника, профиль – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов).

В результате многолетних исследований в направлении использования низкотемпературного потенциала криопродуктов и исследования параметров состояния в двухфазных криогенных системах была сформирована общая методология и разработаны частные методики, которые и составили основу представляемой к защите кандидатской диссертации «Совершенствование метода определения характеристик низкотемпературных энергоустановок летательных аппаратов».

Актуальность исследования обусловлена развитием технологий использования криогенных рабочих тел, в частности, в авиационной и космической технике. Требования по повышению эффективности энергетических установок (ЭУ) для аэрокосмической техники ближнего и дальнего космоса и, в близкой перспективе, лунных станций возрастают из года в год. Одним из способов повышения их эффективности является выбор параметров рабочего процесса ЭУ летательных аппаратов (ЛА). Объективная необходимость использования криогенных веществ обусловлена перспективами их использования в авиации, космосе, наземных установках, а также в технологиях для лунных станций. Так, например, при

получении в условиях Луны кислорода и водорода последние будут выгодно храниться в криогенно-жидком состоянии. Учитывая то обстоятельство, что низкопотенциальная энергия (НЭ) криогенных продуктов в настоящее время используется не в полном объёме, актуальной является проблема утилизации части ранее затраченной энергии, хранящейся в криопродукте. Например, для сжиженного природного газа (СПГ) энергозатраты составляют около 850 кВт·ч на 1 тонну, что соответствует содержанию около 830 кДж/кг НЭ, которая, в случае наличия верхнего источника теплоты, может быть использована для получения энергии.

Существует множество способов утилизации НЭ СПГ, например, для разделения воздуха, производства электроэнергии, получения углекислого газа и др. Получение электроэнергии является наиболее распространенной областью использования НЭ (как правило, для СПГ). Технологии использования НЭ при производстве энергии изучаются, совершенствуются и реализуются, в основном, для снижения нижнего уровня температуры в циклах ЭУ ЛА.

Разработка и исследование низкотемпературных энергоустановок (НЭУ) ЛА является относительно новым направлением аэрокосмической энергетики, поэтому появляется необходимость получения объективной, систематизированной и точной информации, касающейся всех аспектов данной области.

Ключевыми моментами, содержащими научную новизну и практическую значимость, являются следующие.

1. Усовершенствованы математические модели НЭУ ЛА с учётом их состава, структуры и параметрических характеристик путём уточнения показателя степени m , являющегося многопараметрической функцией, в формуле оценки эффективности вида $\eta = 1 - (T_{\min}/T_{\max})^m$. Выполнен анализ ЭУ космических ЛА. Использование НЭУ на борту космических ЛА позволит решить ряд проблем, связанных с особенностями космической энергетики, которые, в свою очередь, связаны с требованиями к массогабаритным характеристикам.

2. Уточнена и расширена методика определения характеристик цикла НЭУ ЛА при расходе рабочего тела в диапазоне от 0 до 5 кг/с, и повышена точность проекторочных расчётов НЭУ ЛА путём введения в рассмотрение совокупности параметров, а также разработки алгоритма расчёта с учётом структуры и особенностей НЭУ ЛА. Применение предлагаемой методики позволяет повысить точность определения КПД на величину от 2 до 20 %.

3. Уточнена 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. Наряду с общепринятыми характеристиками, методика содержит также энергоэкономические показатели.

4. Выполнено численное моделирование процессов НЭУ ЛА по 89 схемам с использованием усовершенствованного метода определения их характеристик, что позволило впервые установить закономерности влияния совокупности параметров (температурных напоров, свойств рабочего тела, уровней температур источников тепла, рабочих характеристик цикла, коэффициентов теплопередачи, площади поверхности теплообмена, расхода, теплоёмкости рабочего вещества, геометрических и конструктивных параметров теплообменных аппаратов) на эффективность работы НЭУ ЛА, а также разработать их классификацию по рабочими процессам, структуре и составу.

5. Проведена верификация результатов по параметрам и характеристикам НЭУ на примере прототипов. Подтверждена корреляция теплового КПД и коэффициента возврата НЭ криопродукта с учётом предполагаемых потерь, т.е. оба этих показателя могут быть применимы

для проектных оценок. КПД Карзона-Новикова и КПД «карнотизированного» цикла с уточнённым показателем степени m выведены для условия получения максимальной работы, поэтому, так как НЭ криопродукта считается «бесплатной», то основным критерием выбора многоконтурных систем когенерации будет получение до 7 % дополнительной энергии, и возврата от 8 до 15% энергии, ранее затраченной на ожижение криопродукта.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии теории и метода определения характеристик НЭУ ЛА. В частности, в усовершенствовании методики определения характеристик циклов НЭУ ЛА и методики их комплексного проектирования.

Практическая значимость заключается в разработке алгоритмов численного моделирования процессов, позволяющих обоснованно определять, с точки зрения эффективности работы, схемы и параметры рабочего процесса НЭУ ЛА. На основе проведенных исследований определены закономерности выбора НЭУ ЛА, что является основой создания баз данных по их параметрам и схемам.

Результаты диссертационной работы легли в основу 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, нашли применение в учебном процессе Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, а также использованы в АО «Металлист-Самара», что подтверждено соответствующими актами внедрения.

За время работы над диссертацией Тремкина О.В. проявила себя как опытный исследователь. Высокие организационные и человеческие качества Ольги Витальевны приносят большую общую пользу в развитии лаборатории криогенной техники НОЦ ГДИ Самарского университета.

Основные результаты выполненных Тремкиной О.В. исследований по теме диссертации отражены в 22 научных трудах, в том числе 9 статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 7 статьях – в научных изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science. Тремкина О.В. неоднократно выступала с докладами на всероссийских и международных научных конференциях.

Считаю диссертационную работу «Совершенствование метода определения характеристик низкотемпературных энергоустановок летательных аппаратов», соответствующей требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а соискателя Тремкину Ольгу Витальевну заслуживающей присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Научный руководитель,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры теплотехники
и тепловых двигателей
Самарского университета



Д.А. Угланов

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет),

443086 г. Самара, Московское шоссе, 34

e-mail: dmitry.uglanov@mail.ru, тел.: 8 (846) 267-43-22

