

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 17 декабря 2024 г. № 11
о присуждении Шиманову Артёму Андреевичу, гражданину Российской
Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод проектного расчёта пульсационного турбопривода для бортовой энергетической установки» по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов принята к защите 15 октября 2024 г. (протокол заседания № 9) 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/нк от 14 февраля 2023 г.

Соискатель Шиманов Артём Андреевич, 28 декабря 1989 года рождения, в 2013 г. с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки». В 2017 году Шиманов А.А. освоил 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 специальности 05.07.05 - Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, работает старшим преподавателем кафедры теплотехники и тепловых двигателей и по совместительству старшим научным сотрудником научно образовательного центра газодинамических

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

Официальные оппоненты: Ремизов Александр Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», заведующий кафедрой «Авиационные двигатели»; Михайлов Алексей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», доцент кафедры электромеханики ПИШ «Моторы будущего», - дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своём положительном отзыве, подписанном Равиковичем Юрием Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Конструкция и проектирование двигателей», Ереминым Андреем Георгиевичем, доктором технических наук, профессором кафедры «Конструкция и проектирование двигателей» и утверждённом доцентом Ивановым Андреем Владимировичем, доктором технических наук, проректором по научной работе, указала, что диссертационная работа Шиманова А.А. является законченной научной работой, в которой содержатся результаты комплексного расчёта и проектирования пульсационного турбопривода в составе термоакустического двигателя. Все основные положения, выносимые на защиту, являются обоснованными. Это подтверждается соответствием математических моделей физическим процессам,

протекающим в термоакустическом двигателе, сравнением полученных в диссертации решений с точными аналитическими решениями, с данными других авторов, с результатами экспериментальных исследований, выполненными непосредственно автором диссертации. Достоверность, обоснованность и представительность результатов работы обеспечивается применением общепринятых методов аналитических исследований, теории акустики, законов газовой динамики, применением сертифицированных программных комплексов, использованием в экспериментах поверенных средств измерения с необходимыми тарировками, приемлемым уровнем соответствия прогнозируемых характеристик экспериментальным данным. 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, их узлов...»; п. 2 в части «Характеристики тепловых, электроракетных двигателей летательных аппаратов и их энергетических установок, отдельных узлов ...»; п. 6 в части «Методы конструирования тепловых и электроракетных двигателей летательных аппаратов, их узлов и систем...»; п. 23 «Разработка методов расчета 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 Шиманов А.А., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 96 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них 2 работы опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК России, 3 работы опубликованы в научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, 2 патента на изобретение. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала по теме диссертации составляет 3,1 п.л. Из материалов совместных публикаций лично соискателю принадлежат: формулировка основных проблем преобразования акустической энергии в электрическую в термоакустическом двигателе и предложение путей их решения, верификация математической модели термоакустического охладителя

на пульсационной трубе с экспериментальными данными, формирование математической модели для двухмерного нестационарного расчёта, позволяющая определять характеристики термоакустического охладителя на пульсационной трубе, оценена возможность использования пульсационного турбопривода для снижения вибраций и акустического шума в компрессорном оборудовании, разработка методики испытаний, проведение экспериментальных исследований, оценка результатов эксперимента и сопоставление их с результатами аналитических расчётов, разработка системы шумоглушения и устройство для утилизации акустической энергии на базе пульсационного турбопривода. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы:

1) Шиманов, А.А. Возможность использования импульсной двунаправленной турбины в термоакустическом двигателе / А. А. Шиманов, А. И. Довгялло // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2015. - №1. – С. 132-138. (научная статья 0,4 п.л./0,25 п.л.);

2) Шиманов, А.А. Численное и экспериментальное исследование термоакустического охладителя на пульсационной трубе / А. А. Шиманов, Д. А. Угланов, С.О. Некрасова, Д. В. Сармин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. - №6. – С. 505-513. (научная статья 0,56 п.л./0,25 п.л.);

3) Shimanov A. A., Uglanov D. A., Nekrasova S. O. Comparative analysis of calculation models of pulse tube thermoacoustic refrigerator // Key Engineering Materials. — 2016. — № Volume 685. — С. 3-7. (научная статья 0,31 п.л./0,15 п.л.);

4) Shimanov A. A., Dovgyallo A. I. Possibility of using pulse turbine usage in compressor technology // AIP Conference Proceedings. — 2017. — Vol. 1876. (научная статья 0,625 п.л./0,4 п.л.);

5) Shimanov A. A., Neverov I.A., Uglanov D. A. etc. Experimental Research of Impulse Turbine // 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, 2020, 9271173 (научная статья 0,5 п.л./0,3 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступило 13 отзывов от организаций:

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

2) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», отзыв составлен и подписан Барановым Александром Юрьевичем, д.т.н., профессором, ординарным профессором образовательного центра «Энергоэффективные инженерные системы»;

3) ПАО «ОДК-Кузнецов», отзыв составлен и подписан Дмитриевым Дмитрием Николаевичем, к.т.н., главным руководителем проекта инновационного развития;

4) ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», отзыв составлен и подписан Бурцевым Сергеем Алексеевичем, к.т.н., доцентом кафедры «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки»;

5) 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 НИЯУ МИФИ;

6) ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», отзыв составлен и подписан Некрасовым Дмитрием Анатольевичем, к.т.н., заведующим кафедрой «Техника низких температур им. П.Л. Капицы».

7) АО «Ракетно-космический центр «Прогресс», отзыв составлен и подписан Харитоновым Александром Александровичем, начальником проектно-конструкторского отдела перспективных разработок и специальных систем КС и КА и Воротниковым Геннадием Викторовичем, к.т.н., ведущим инженером-конструкторского отдела перспективных разработок специальных систем КС и КА;

8) ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», отзыв составлен и подписан Яковлевым Алексеем Борисовичем, к.т.н., доцентом, заведующим кафедрой «Авиа- и ракетостроение» и Жариковым Константином Игоревичем, к.т.н., доцентом кафедры «Авиа- и ракетостроение»;

9) АО «Казанское моторостроительное производственное объединение», отзыв составлен и подписан Кусюмовым Сергеем Александровичем, к.т.н., доцентом, инженером-конструктором службы главного конструктора газотурбинных двигателей, Скащенко Алексеем Юрьевичем, зам. генерального директора по техническому развитию;

10) ПАО «ОДК-Сатурн», отзыв составлен и подписан Крючковым Сергеем Александровичем, к.т.н., советником генерального конструктора;

11) ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», отзыв составлен и подписан Кудиновым Игорем Васильевичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Физика»;

12) «ОКБ им. Ляулки» - Филиал ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение», отзыв составлен и подписан Моховым Алексеем Александровичем, к.т.н., И.О. главного конструктора по ПудД.

13) АО «ОДК», отзыв составлен и подписан Шмотиным Юрием Николаевичем, д.т.н., профессором, заместителем генерального директора – генеральным конструктором.

Критическими замечаниями в представленных отзывах являются: в диссертационной работе не приводятся сведения об использовании пульсационного турбопривода (ПТ) в составе энергетических установок летательных аппаратов; недостаточно раскрыт метод профилирования лопаточных венцов турбины; применительно к эксперименту рассмотрен лишь случай заправки атмосферным воздухом волновода ПТ, а также не произведены реальные испытания ПТ в составе бортовой энергетической установки; не раскрыт вопрос, посвященный проблемам оптимизации конструкции микротурбины ПТ; не приведена оценка массогабаритных характеристик разрабатываемого турбопривода, что затрудняет вывод об эффективности применения подобной энергетической системы на борту космического летательного аппарата; одномерный расчёт микротурбины является чрезмерно упрощённым для процесса проектирования лопаток соплового аппарата и рабочего колеса; зависимости оборотов ротора и перепада давления на турбине от частоты акустического воздействия динамика на рабочее тело описаны с феноменологических позиций без объяснения особенностей физических процессов в турбине и резонаторе; отсутствует оценка погрешности измеряемых параметров и сравнение с результатами измерений, полученными другими исследователями; не сформулированы технологические ограничения; пренебрежение потерями в сопловом аппарате при невысокой скорости; отсутствуют графики сравнения работы пульсационного турбопривода в режиме холостого хода и под нагрузкой.

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 Шиманову А.А. учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Выбор Ремизова А.Е. в качестве официального оппонента обосновывается его компетенциями в области исследований высокоэффективных турбин.

Выбор Михайлова А.Е. в качестве официального оппонента обосновывается компетенциями в области исследований малоразмерных лопаточных машин.

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 Равикович Ю.А., профессор кафедры 203, д.т.н., профессор Леонтьев М.К., доцент кафедры 203, к.т.н., доцент Нестеренко В.Г., профессор кафедры 203, д.т.н., Еремин А.Г., заведующий кафедрой 205, д.т.н., профессор Марчуков Е.Ю., области компетенций которых связаны с проектированием современных авиационных двигателей, с жидкостными ракетными двигателями малой тяги, с космическими энергодвигательными установками, с вопросами совершенствования двигателей и энергоустановок.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

- метод проектного расчёта пульсационного турбопривода для бортовой энергетической установки, включающий методики расчёта резонатора и микротурбины, учитывающий взаимовлияния рабочих процессов в резонаторе и микротурбине;

- методика оценки эффективности работы пульсационного турбопривода в зависимости от амплитудно-частотных характеристик акустической волны. Методика отличается учётом величины мощности источника осцилляций, амплитуды давления, разности фаз между давлением и скоростью в осциллирующем движении газа, потерь акустической мощности в акустическом тракте на трение и конструктивных параметров микротурбины;

- экспериментальный стенд для проведения испытаний пульсационного турбопривода и методика испытаний;

- экспериментальные образцы микротурбин для пульсационного турбопривода двух типоразмеров.

предложены:

- алгоритм проектирования пульсационного турбопривода для бортовых энергетических установок на базе термоакустического двигателя;

– рекомендации по рабочим диапазонам проектируемых пульсационных турбоприводов.

доказана перспективность использования пульсационного турбопривода в качестве преобразователя энергии в термоакустическом двигателе в составе бортовой энергетической установки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены основные положения термодинамики, термоакустики, теории, акустики, современные методы математического моделирования сложных систем, методы системного анализа;

раскрыто и впервые установлено влияние совокупности параметров (частота колебаний, место установки турбины, длина резонатора, амплитуда колебаний) на эффективность работы пульсационного турбопривода в условиях стоячей волны в закрытом резонаторе.

изучено влияние пульсационного турбопривода на формирование акустической волны в акустическом тракте;

доказана возможность использования пульсационного турбопривода в качестве утилизатора акустической энергии, в частности, выполнять функцию механического преобразователя энергии акустической волны в термоакустических энергетических установках;

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

– предложенный в диссертации метод проектного расчёта турбопривода **использовался при проектировании** системы выработки дополнительной энергии при работе компрессорного оборудования в рамках выполнения государственного задания по проекту №FSSS-2020-2019 «Исследование процессов преобразования низкопотенциальной энергии криопродукта в различных энергетических системах и установках» (рамках исполнения государственного задания в сфере научной деятельности (код проекта FSSS-2020-2019)

– предложенный в диссертации метод проектного расчёта турбопривода **использовался при проектировании** системы выработки дополнительной энергии при работе детандера и регазификации в рамках выполнения государственного задания по проекту FSSS-2024-2017 «Исследование рабочих процессов криогенных систем накопления энергии и разработка способов повышения их эффективности» в рамках исполнения государственного задания в сфере научной деятельности (код проекта FSSS-2024-2017);

– методика проектирования ПТ для ТАД **включена в лекционный и практический курс** «Бортовая энергетика», направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение (профиль: Инжиниринг энергетических систем и комплексов) в рамках учебного процесса Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева;

– материалы диссертационной работы **применялись при разработке** энергетического оборудования, что позволило снизить шум от работы компрессорного оборудования и повысить эффективность его работы за счёт выработки дополнительной энергии что позволило снизить себестоимость изделий в АО «Металлист-Самара» (подтверждено актом внедрения).

определены перспективы практического использования предложенного метода проектного расчёта ПТ для бортовой энергетической установки на АО «РКЦ «Прогресс»» г. Самара, АО «ГКНПЦ имени М. В. Хруничева» г. Москва, Научно-производственное объединение имени С. А. Лавочкина г. Химки, Конструкторское бюро «Арсенал» имени М. В. Фрунзе г. Санкт-Петербург, АО «ВПК «НПО машиностроения» г. Реутов 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, построена на известных, проверенных уравнениях термодинамики газовой динамики и акустики и согласуется с опубликованными данными по теме диссертации и смежным темам;

идея базируется на обобщении передового опыта в области теории термоакустических преобразователей;

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;

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

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии соискателя в получении исходных данных, проведении аналитических и экспериментальных исследований, проектировании экспериментального стенда для исследования пульсационного турбопривода, проектировании

экспериментальных образцов микротурбин, 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 диссертационной работы не было высказано критических замечаний.

Соискатель Шиманов А. А. обоснованно ответил на все задаваемые в ходе защиты вопросы.

В диссертационной работе содержится решение научной задачи повышения эффективности бортовых энергетических установок на базе термоакустического двигателя за счёт разработки и создания метода проектного расчёта пульсационного турбопривода, учитывающего диапазоны работы по частоте волны, амплитуде давления, оптимальную длину резонатора и место расположения микротурбины в волноводе, имеющей существенное значение для развития авиационной и ракетно-космической отрасли.

На заседании 17 декабря 2024 г. диссертационный совет за решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, принял решение присудить Шиманову А. А. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11, 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

17.12.2024.



Виноградов Александр Сергеевич