

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Галеев Антон Валерьевич

Тема диссертации: Разработка технологии испытаний криогенных ракетных двигателей с имитацией воздействующих факторов

Специальность: 05.07.05 - «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:
На заседании 15 октября 2018 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Галееву Антону Валерьевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Ю.А. Равикович, ученый секретарь диссертационного совета Ю.В. Зуев, члены диссертационного совета: В.М. Абашев; А.Б. Агульник; А.С. Демидов; А.А. Козлов; А.А. Коротеев; Ю.М. Кочетков; В.М. Краев; Н.В. Кулешов; Л.Н. Лесневский; А.М. Молчанов; А.С. Мякочин; А.Б. Надирадзе; И.П. Назаренко; П.В. Никитин; Г.А. Попов; М.В. Силуянова; С.А. Хартов; В.К. Чванов, Ю.Н. Шмотин.

Ученый секретарь диссертационного совета
Д 212.125.08, д.т.н., профессор

Ю. В. Зуев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.10. 2018 г. № 9

О присуждении Галееву Антону Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии испытаний криогенных ракетных двигателей с имитацией воздействующих факторов» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 04.06.2018г., (протокол заседания №5) диссертационным советом Д 212.125.08, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ Минобрнауки РФ о создании диссертационного совета - №105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Галеев Антон Валерьевич, 1992 года рождения, работает ассистентом в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2014 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В настоящее время соискатель ученой степени осваивает программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» со сроком ее окончания в 2019 году.

Диссертация выполнена на кафедре «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Родченко Владимир Викторович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Управление эксплуатацией ракетно-космических систем», профессор.

Официальные оппоненты:

– Ягодников Дмитрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра «Ракетные двигатели», заведующий кафедрой;

– Мосолов Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, Государственный научный центр Российской Федерации - федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр им. М.В. Келдыша», исполняющий обязанности заместителя генерального директора, начальник отделения жидкостных ракетных двигателей,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Научно-производственное объединение энергетического машиностроения им. академика В.П. Глушко», г. Химки, в своем положительном отзыве, подписанном Мартиросовым Давидом Суреновичем, доктором технических наук, заместителем начальника научно-исследовательского центра; Колбасенковым Анатолием Ивановичем, доктором технических наук, начальником сектора регулирования и функциональной диагностики и утвержденном Левочкиным Петром Сергеевичем, кандидатом технических наук, заместителем генерального директора – Главным конструктором, указала, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Автором решены важные научно-технические задачи, имеющие практическую значимость для ракетно-космической отрасли. Методики расчета систем двигателя и испытательного стенда (ИС) и имитации условий эксплуатации при применении криогенных компонентов топлива могут быть рекомендованы для внедрения в практику экспериментальной отработки (ЭО) перспективных двигателей и двигательных установок (ДУ) предприятиям ракетно-космической отрасли (АО РКК «Энергия им. С.П. Королева», АО РКЦ «Прогресс», АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ФКП «НИЦ РКП», АО КБХА и КБХМ им. А.М. Исаева). Программы расчета систем объектов испытания и испытательного стенда и методики испытаний криогенных ракетных двигателей рекомендуются также в качестве пособия для обучения специалистов и студентов в учебных заведениях соответствующего профиля. Работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор Галеев А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 13 опубликованных работ (все по теме диссертации) общим объемом 9,6 п. л., из них в рецензируемых научных изданиях

опубликовано 7 работ. Из 13 печатных работ: 7 – статьи в научных журналах, 6 – тезисы докладов на конференциях; 3 работы написаны автором единолично, 10 – в соавторстве.

Научные работы соискателя посвящены:

– исследованию и разработке методик повышения эффективности и безопасности испытаний кислородно-водородных ЖРД и ДУ;

– исследованию процессов истечения продуктов сгорания в трактах систем имитации высотных условий и теплообмена при предстартовом захлаживании расходных магистралей ДУ разгонных блоков РН и в системах ИС;

– оптимизации схем и режимов заправки вытеснительной системы подачи (СП) компонентов ракетного топлива и экспериментальных установок (ЭУ) с насосной СП для испытаний агрегатов ЖРД;

– разработке технологии поэтапной экспериментальной отработки изделий ракетно-космических систем (РКС) и программных комплексов (ПК) на базе современных средств информационных технологий (ИТ) для систем диагностики и аварийной защиты (СДАЗ) испытаний;

– планированию комплексной отработки сложных технических систем (СТС).

Авторский вклад заключается в обобщении результатов исследований и подготовке публикаций в рецензируемых изданиях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Наиболее значительные работы:

1. Галеев, А.В. Исследование систем обеспечения безопасности испытаний кислородно-водородных ДУ на стенде / В.В. Родченко, А.Г. Галеев, Б.Б. Попов, А.В. Галеев // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 20. С. 42-52.

2. Galeev, A.V. Research of heat transfer processes during pre-launch chilldown of PS consumption lines of upper-stage LV / A.G. Galeev, V.P. Firsov, I.V.

Antyukhov, A.V. Galeev // International Journal Hydrogen Energy. 2017. Vol. 42. N 38. P. 24448 – 24457.

3. Галеев, А.В. / Галеев А.В. Оптимизация схем и режимов заправки вытеснительной системы подачи компонентов ракетного топлива для испытаний камеры сгорания ЖРД // Труды МАИ. 2016. № 86. 18 с.

4. Галеев, А.В. / Галеев А.Г., Родченко В.В., Галеев А.В. Схемы ЭУ с насосной СП компонентов топлива для испытаний агрегатов ДУ РКС // Альтернативная энергетика и экология. 2016. № 9-10. С. 82 - 94.

5. Галеев, А.В. Планирование комплексной отработки СТС / В.В. Родченко, А.Г. Галеев, А.А. Золотов, А.В. Галеев // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 9. С. 76-85.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные):

Отзыв на диссертацию официального оппонента доктора техн. наук, профессора Ягодникова Д.А. содержит замечания:

1. В главе 1 не приведены ссылки на результаты экспериментально-теоретических исследований по организации высотных испытаний ЖРД, выполненные в Центре имени М.В. Келдыша.

2. В тексте диссертации отсутствует экспериментальное подтверждение реализации заявленных параметров СДАЗ.

3. Желательно было бы сравнить результаты оптимизации объема испытаний с результатами расчета по другим моделям, например, с использованием математической теории планирования экспериментов. И в целом в данной работе представляется ограниченным сравнение собственных результатов с результатами других авторов.

Отзыв на диссертацию официального оппонента кандидата физ.-мат. наук, доцента Мосолова С.В. содержит пять замечаний:

1. Применяется название «неохлаждаемый сопловой насадок», что является не вполне корректным, поскольку данная часть сопла охлаждается

радиационно, излучая с нагретой поверхности. Общепринято название «насадок радиационного охлаждения».

2. Не полно раскрыты перспективы внедрения предлагаемых в работе усовершенствований технологии испытаний криогенных ЖРД.

3. В тексте, представленной диссертации, автор использует термины по РКТ не соответствующие ГОСТу 17655-89.

4. Не приводятся рекомендации по выбору мест замера утечек водорода и их необходимому количеству.

5. Представляется целесообразным обратить внимание не только на утечку водорода, как диагностический признак, но и рассмотреть другие варианты развития аварий, связанные с возможным разрушением высоконагруженных агрегатов и узлов (высокотемпературные газопроводы, сопло, газогенератор).

Отзыв на диссертацию ведущей организации АО «НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко» содержит замечания:

1. Автор ограничил задачу исследования системы имитации высотных условий рассмотрением тракта «сопло РД – диффузор» с использованием уравнения неразрывности газа с газодинамическими функциями и коэффициента эжекции парожеторной установки без рассмотрения процессов в системе «смеситель-конденсатор – эжектор».

2. При рассмотрении теплообмена баллонов вытеснительной системы подачи с криогенной жидкостью с окружающей средой не учитываются теплофизические свойства применяемого изоляционного материала.

Отзыв на автореферат диссертации АО РКЦ «Прогресс», подписанный главным конструктором – начальником отделения, кандидатом техн. наук Лагно О.Г. и утвержденный первым заместителем генерального директора – генеральным конструктором, доктором техн. наук Ахметовым Р.Н., содержит замечание: следует отметить отсутствие оценки точности полученных экспериментальных и расчётных данных по системам захолаживания и заправки расходных магистралей ДУ.

Отзыв на автореферат диссертации КБХМ им. А.М. Исаева – филиала АО «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева», подписанный главным специалистом филиала Морозовым В.И. и главным конструктором направления Яковлевым А.Г. и утвержденный первым заместителем генерального директора – генеральным конструктором, кандидатом физ.-мат. наук Смирновым И.А., содержит замечание: не рассмотрены вопросы выбора параметров смесителя-конденсатора в парожеткторной установке в зависимости от параметров и степени расширения сопловых насадков испытываемого ракетного двигателя.

Отзыв на автореферат диссертации АО ОКБ имени А.М. Люльки, подписанный заместителем главного конструктора Киселевым А.Л. и утвержденный генеральным конструктором – директором, доктором технических наук, профессором Марчуковым Е.Ю., содержит замечание: при рассмотрении процессов теплообмена на режимах захолаживания и заполнения вытеснительной (баллонной) СП не приведено обоснование используемой в уравнении теплового баланса количества теплоты испарения жидкого кислорода (~ 70 %), требуемой для обеспечения заправки системы и испытания камеры сгорания РД.

Отзыв на автореферат диссертации филиала АО «Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева в городе Королеве «Научно-исследовательский институт космических систем имени А.А. Максимова», подписанный заместителем начальника комплекса, доктором техн. наук Куреевым В.Д., главным научным сотрудником, доктором техн. наук, профессором Медушевским Л.С. и утвержденный руководителем – директором, доктором техн. наук, профессором Макаровым М.И., содержит замечание: к недостатку автореферата следует отнести отсутствие ресурсных оценок, потребных на реализацию предложенных методик и технологий.

Отзыв на автореферат диссертации ФКП «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности», подписанный начальником отдела, кандидатом техн. наук Лисейкиным В.А., начальником отдела

Рыжковым А.Т. и утвержденный и. о. первого заместителя генерального директора по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам Малявиным Г.И., содержит замечание: в работе недостаточно отражены выбор критериев в программных комплексах, формирующих выход из нештатной ситуации при проведении огневых испытаний.

Отзыв на автореферат диссертации АО «Конструкторское бюро химавтоматики», подписанный главным конструктором, доктором техн. наук, профессором Гороховым В.Д. и главным специалистом по агрегатам подачи, доктором техн. наук, профессором Демьяненко Ю.В., содержит замечание: в тексте работы недостаточно обоснован критерий (стр. 18-19), обеспечивающий выход из нештатной ситуации при кавитационном срыве насосного агрегата в процессе испытания.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» - Гусева Ю.Г., и. о. начальника отдела «Научно-техническое сопровождение наземной экспериментальной отработки и летные испытания двигательных установок» и **Артюхова Ю.А.**, кандидата техн. наук, зам. начальника отдела «Научно-техническое сопровождение наземной экспериментальной отработки и летные испытания двигательных установок» – содержит замечания:

1) В тексте автореферата (стр. 19) используемый критерий выхода из нештатной ситуации при кавитационном срыве бустерного насосного агрегата принят без теоретического обоснования, только по результатам успешной работы натурного изделия;

2) Используемое в работе количественное значение коэффициента охвата аварийных ситуаций ($K_{\text{охв}} = 0,8-0,9$) принято на основе экспертных оценок результатов функционирования систем диагностики и аварийной защиты при автономных, холодных и огневых испытаниях блока третьей ступени РН «Ангара» на стенде ФКП «НИЦ РКП», хотя более точные значения могут быть получены на основе обобщения статистических данных по результатам отработки всех оснащенных СДАЗ криогенных ЖРД последнего поколения.

Отзыв на автореферат диссертации сотрудников ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия им. С.П. Королева» - Стриженко П.П., руководителя научно-технического центра и **Туманина Е.Н.**, кандидата техн. наук, главного специалиста – содержит замечания:

1) При рассмотрении насосной СП с циркуляционным контуром и питанием ГГ привода турбины от насосов ТНА, обеспечивающей исключение ограничения по продолжительности испытания агрегатов ЖРД, не достаточно обосновано применение ресиверной схемы раскрутки на запуске;

2) Описание различных видов кипения двухфазных потоков уже описано в ряде учебников по теплопередаче, излишнее в автореферате, т. к. не несет никакой полезной информации.

Отзыв на автореферат диссертации Венгерского Э.В., кандидата техн. наук, доцента, начальника НИЦ «Диагностика» отделения технологии испытаний и неразрушающих методов контроля ФГУП «НПО Техномаш» содержит замечание: "О диссертационной работе можно отметить, что, судя по автореферату, результаты её не использовались на практике ЭО ЖРД и ДУ РБ на предприятиях отрасли, а были опробованы в основном в рамках учебных кафедр МАИ (НИУ)".

Отзыв на автореферат диссертации Кишалова А.Е., кандидата техн. наук, доцента кафедры «Авиационная теплотехника и теплоэнергетика» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» содержит замечание: "Шесть из семи основных трудов опубликованы в 2-х журналах: «Альтернативная энергетика и экология» и «International Journal Hydrogen Energy», при этом в соавторах присутствуют ещё как минимум 2-3 человека. Автореферат содержит некоторые неточности и недоработки, например, на стр. 8: $a_{кр}$ – критическая скорость звука, а не «скорость газа в критическом сечении сопла», так как в реальных соплах всегда присутствуют потери на трение и деформацию потока, поэтому и скорость газа будет меньше, чем критическая скорость звука; на стр. 17 (рис. 6) - не обозначены позиции 1, 2 и 3; на стр. 12-13 нет четкого описания проведенных

работ по предпусковому захлаживанию: какие данные получены из экспериментов (которые не описаны), какие данные получены при помощи расчета, что выполнено лично соискателем. Формулы, приведенные в автореферате, на мой взгляд, слишком упрощены для такого исследования; в формуле (4) на стр. 14 отсутствует длина баллона L , расшифрованная ниже; формула (5) никак не вытекает из формулы (4), хотя перед ней написано «Отсюда находим». Не понятно, почему в результатах моделирования сопла (стр. 9, рис. 2) при помощи методики на основе газодинамических функций на расстоянии $X=120, 330, 500$ и 680 мм присутствуют такие значительные скачки давления? При этом ни одна из экспериментальных точек подобные скачки не подтверждает.

Достаточно большая часть приведенной в автореферате информации носит описательный характер: описание процессов в двигателе, различных моделей кипения, этапов процесса захлаживания и т. п. Также на стр. 22 второй пункт основных результатов носит описательный характер: «В криогенных системах ... используются схемы захлаживания ...», что не может являться основным результатом работы".

Отзыв на автореферат диссертации Милюкова И.А., кандидата техн. наук, доцента, заместителя заведующего кафедрой «Инновационные технологии наукоемких отраслей» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» - содержит замечания:

1) Не указаны опасные факторы, возникающие при испытаниях ЖРД и ДУ на криогенных компонентах топлива;

2) Не представлены структурные схемы и алгоритмы работы усовершенствованных программных комплексов систем диагностики и аварийной защиты испытаний, что не позволяет в полной мере оценить их возможности по обеспечению мер безопасности и парированию нештатных ситуаций.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Галеева А.В., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Ягодникова Д.А., доктора техн. наук, профессора, заведующего кафедрой «Ракетные двигатели» МГТУ им Э.Н. Баумана в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах теории, проектирования и экспериментальной отработки ЖРД и ракетных двигателей твердого топлива. Ягодников Д.А. является руководителем ведущей научной школы России, основная деятельность которой связана с изучением особенностей рабочего процесса в двигателях и энергоустановках.

Выбор Мосолова С.В., начальника отделения жидкостных ракетных двигателей кандидата физ.-мат. наук, доцента обосновывается его большим опытом в области расчетно-экспериментальных исследований ракетных двигателей и двигательных установок. Мосолов С.В. более 10 лет возглавляет отделение ЖРД в Центре Келдыша – головном институте России в области ракетного двигателестроения, задачей которого является формирование тенденции развития ЖРД, основанного на расчетном анализе и математическом моделировании процессов на мобильных установках.

Ведущая организация выбрана в соответствии с ее высоким уровнем достижений в области разработки ракетных двигателей и энергетических установок, позволяющим определить научную и практическую ценность диссертации. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом изучения рабочих процессов как экспериментального, так и расчетного, базирующегося на исследовании сложных физических явлений теплообмена с учетом двухфазности потоков.

Оппоненты и специалисты ведущей организации имеют публикации в международных и отечественных рецензируемых изданиях по теме работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработана** технология и методика испытаний криогенных ракетных двигателей с сопловыми насадками большого расширения, выполненными из композиционных материалов;

- **обоснованы** усовершенствованные методики:

по захолаживанию расходных магистралей двигательных установок,
по оптимизации схем компоновки баллонов вытеснительной системы
подачи стенда и их заправки,

по оптимизации схем экспериментальных установок с насосной системой
подачи компонентов;

– **предложен** программный комплекс систем диагностики и аварийной
защиты испытаний с учетом дополнительных мер безопасности для испытаний
разгонных блоков с увеличенной заправкой баков двигательных установок
водородом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **получены** результаты по захолаживанию и заправке стендовой
вытеснительной системы подачи криогенным компонентом в три этапа,
дополняющие теорию теплообмена в двухфазных системах;

- **разработаны** математические модели для прогнозирования параметров
экспериментальной отработки на различных этапах с ограниченным объемом
испытаний.

**Значение полученных соискателем результатов исследований для
практики подтверждается тем, что:**

– **решены** задачи технологии поэтапной отработки криогенных ракетных
двигателей, рекомендованные для использования в экспериментальной
отработке ракетно-космических систем;

– **оптимизированы** схемы экспериментальных установок заправки и
стендовых испытаний агрегатов ракетно-космических систем;

– **разработан** программный комплекс системы диагностики и аварийной
защиты с применением современных средств информационных технологий для
использования при испытаниях на стенде с увеличенной заправкой бака
двигательной установки водородом.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **корректное использование** теории и фундаментальных уравнений
расчета процессов в жидкостных ракетных двигателях при экспериментальной
отработке;

– **корректное использование** при экспериментальном исследовании сертифицированных средств измерений, а также апробированных методов исследования, отвечающих современному уровню.

Личный вклад соискателя состоит в:

– **проведении** исследовательских работ:

по системам испытательных стендов с имитацией воздействующих факторов,

по подсистемам диагностики и аварийной защиты,

а также расчетных работ по прогнозированию ключевых параметров экспериментальной отработки;

- **обработке и интерпретации** процессов захолаживания в системах заправки и автономных испытаний, а также в системах криогенных ракетных двигателей и двигательных установок.

На заседании 15 октября 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Галееву А.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 21, против - нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

доктор техн. наук, профессор



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор техн. наук, профессор



Зуев Юрий Владимирович

15 октября 2018 г.



И.о. Начальника отдела УДС МАИ

А. Анжина

