

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.06

Соискатель: Шайдуллин Руслан Айратович

Тема диссертации: Влияние взаимодействия продуктов сгорания безметалльного твердого топлива с продуктами разложения теплозащитного материала на характеристики РДТТ

Специальность: 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 24 декабря 2025 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, приведенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Шайдуллину Руслану Айратовичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Краев В.М., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., Иванов А.В., Кочетков Ю.М., Лесневский Л.Н., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Проректор по научной работе МАИ
д.т.наук, доцент



А.В.Иванов

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.327.06,
д.т.н., доцент

В.М.Краев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.06,
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 УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.12.2025 г. № 126

О присуждении Шайдуллину Руслану Айратовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние взаимодействия продуктов сгорания безметалльного твердого топлива с продуктами разложения теплозащитного материала на характеристики РДТТ» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 23.10.2025 г., (протокол заседания № 117) диссертационным советом 24.2.327.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Министерства науки и высшего образования РФ о создании диссертационного совета – №669/нк от 24.06.2022 г.

Соискатель Шайдуллин Руслан Айратович, 17 февраля 1997 года рождения, работает в Акционерном обществе «Уральский завод гражданской авиации» в должности инженера-конструктора 2 категории, по совместительству в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» кафедра Реактивных двигателей и энергетических

установок в должности старшего преподавателя.

В 2020 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» с присвоением квалификации «инженер» по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (диплом 101618 1021068, регистрационный номер 048 от 17 февраля 2020 года).

В 2024 г. окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» по направлению подготовки 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника» (диплом 101634 0000140, регистрационный номер 010 от 17 июля 2024 года). Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполев-КАИ» в 2024 г.

В период подготовки диссертации соискатель Шайдуллин Р.А. работал в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» на кафедре «Реактивные двигатели и энергетические установки» в должностях ассистент, старший преподаватель, в Акционерном обществе «Уральский завод гражданской авиации» в должности инженера-конструктора 2 категории.

Диссертация выполнена в период освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ».

Научный руководитель – Андрей Наилевич Сабирзянов, кандидат технических наук, доцент кафедры «Реактивные двигатели и энергетические установки» Федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ».

Официальные оппоненты:

Корепанов Михаил Александрович, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»;

Полянский Александр Ромилович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Ракетные двигатели» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Корпорация «Московский институт теплотехники», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном А.И. Шабуниним, ведущим научным сотрудником, кандидатом технических наук, А.О. Цветковым, начальником отдела, кандидатом технических наук, Е.Н. Волковым, заместителем начальника отделения по проектированию, кандидатом технических наук, Б.В. Румянцевым, временно исполняющего обязанности секретаря научно-технического совета АО «Корпорация «МИТ», кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником и утвержденным Пономаревым Сергеем Алексеевичем, генеральным директором акционерного общества «Корпорация «Московский институт теплотехники», указала, что диссертационная работа Шайдуллина Руслана Айратовича «Влияние взаимодействия продуктов сгорания безметалльного твердого топлива с продуктами разложения теплозащитного материала на характеристики РДТТ» на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значения для повышения энергоэффективности современных и перспективных двигательных установок в интересах обеспечения

обороноспособности страны, отвечает критериям, установленным п.9 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842). Шайдуллин Руслан Айратович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.5.15. - Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

За время работы над диссертацией Шайдуллиным Р.А. опубликовано 5 статей в рецензируемых изданиях Перечня ВАК РФ (в изданиях по специальности 2.5.15), 1 статья в научном журнале, индексируемом базой данных Scopus, сделано 5 докладов на конференциях.

Данные публикации посвящены исследованиям внутрикамерных процессов в ракетных двигателях на твердом топливе с целью усовершенствования методов проектирования и разработки РДТТ посредством подхода, основанного на моделировании взаимодействия реагирующей среды продуктов сгорания.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Шайдуллин Р.А., Бекеров А.Н., Сабирзянов А.Н. Влияние закрутки потока на входе в сопло ракетного двигателя на коэффициент расхода // Вестник Московского авиационного института. 2021. Т. 28. № 2. С. 142-151.

В работе Шайдуллина Р.А. был проведен анализ изменения коэффициента расхода классических дозвуковых участков сопла с учетом закрутки потока на входе в сопло.

2. Шайдуллин Р.А., Сабирзянов А.Н. Численное исследование кинетических механизмов в пламени перхлората аммония // Вестник Московского авиационного института. 2023. Т. 30. № 2. С. 131-138.

В работе Шайдуллина Р.А. выполнен анализ изменения профиля температуры в приповерхностной зоне горящего перхлората аммония с применением разных кинетических механизмов. Получен редуцированный кинетический механизм для пламени перхлората аммония методом.

3. Шайдуллин Р.А., Сабирзянов А.Н. Моделирование горения твердого топлива на основе перхлората аммония и полибутадиена в условиях гипотетического двигателя // Тепловые процессы в технике. 2023. Т. 15. № 6. С. 278-287.

В работе Шайдуллина Р.А. предложена математическая модель взаимодействия продуктов сгорания в камере сгорания РДТТ с применением кинетического механизма для твердого топлива на основе перхлората аммония и полибутадиенового каучука.

4. Шайдуллин Р.А., Сабирзянов А.Н. Влияние взаимодействия продуктов сгорания с продуктами разложения резиноподобного теплозащитного материала в объеме камеры сгорания РДТТ на коэффициенты расхода и сопла // Вестник Московского авиационного института. 2024. Т. 31. № 3. С. 158-168.

В работе Шайдуллина Р.А. выполнены теоретические эксперименты в составе гипотетического РДТТ с горением твердого топлива по торцу. Определены границы изменения коэффициентов расхода и сопла при уносе резиноподобного теплозащитного материала.

5. Шайдуллин Р.А., Сабирзянов А.Н. Влияние вдува продуктов газификации теплозащитного покрытия утопленной части сопла РДТТ на потери удельного импульса // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2025. № 1. С. 59-82.

В работе Шайдуллина Р.А. был проведен анализ изменения коэффициента удельного импульса и его составляющих при взаимодействии продуктов сгорания с продуктами пиролиза фенолформальдегидной смолы в дозвуковой части сопла.

6. Sabirzyanov A.N., Shaidullin R.A. The impact of some factors of thermal protection material degradation on the discharge coefficient of the recessed nozzle // Russian Aeronautics. 2023. Vol. 66. No. 3. pp. 510-519.

В работе Шайдуллина Р.А. представлено влияние параметров течения реагирующей смеси продуктов сгорания и продуктов пиролиза дозвуковой части сопла на коэффициент расхода.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все

отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Корепанова М.А., доктора технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории Физико-химической механики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» содержит следующие замечания:

1. На рис.1.2 диссертации и рис.2 автореферата термин “конечная температура пламени” требует пояснения: с термодинамическим равновесием все понятно, а вот с химической кинетикой – где эта точка?

2. На рис.2.4 приведены какие-то профили, достаточно хорошо совпадающие с экспериментальными (рис.2.3), но не указано по какому механизму. Кроме того, про рис.2.3 в абзаце написано “расчетные значения [26]”, а в подрисуночной – экспериментальные? Там вообще-то есть статья Ермолина и Коробейничева, но она [24].

3. Формула 3.4, стр.49: “ ϵ_g , ϵ_w – эффективная степень черноты газа и материала стенки”. Значения, принятые для расчетов, не указаны. Хотелось бы узнать принятые значения, особенно для газа, и проводилась ли оценка, как она влияет на значение радиационного теплового потока?

4. Стр.75: в связи с чем для определения конвективного теплового потока в данном случае использовалось другое критериальное уравнение по сравнению с Главой 3?

5. Вывод 6: “...Если посредством термодинамического расчета определено существенное изменение температуры и свойств смеси, то неучет химических реакций взаимодействия ПС ТТ с продуктами разложения ТЗП может повлечь неточность определения удельного импульса..” “Существенное” – это сколько?

6. Ни в автореферате, ни в диссертации ни разу не записана система уравнений движения газа и не приведено описание используемой модели турбулентности. При этом в автореферате отмечается, что в первой главе диссертации “продемонстрирована осесимметричная математическая модель,

позволяющая описывать горение ТТ и взаимодействие ПС с ПР ТЗП в составе гипотетического РДТТ”.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Полянского А.Р., кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Ракетные двигатели» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» содержит следующие замечания:

1. В представленной модели определения граничных условий для газов пиролиза (определения T_s , T_w) отсутствует верификация подобного математического описания с результатами экспериментов.

2. В диссертационной работе отсутствует математическое описание применяемых реакторных подходов.

3. В главе 1 представлены результаты моделирования горения гексогена, однако, в газодинамическом моделировании гексоген отсутствует. Наличие сравнений разных рецептур твердых топлив и их влияние на конечное изменение коэффициента удельного импульса представляло бы дополнительный интерес.

4. Модель Д.Р. Бартца предназначена для гладких дозвуковых участков и не учитывает вдув продуктов пиролиза, что определяет некоторую ошибку в определении теплового потока, данное обстоятельство не рассмотрено в диссертации.

5. В главе 4 на рисунке 4.14 представлены потери удельного импульса из-за двухфазности потока для размеров инертных частиц сажи 1000 и 100 мкм, однако отсутствует анализ влияние температурного отставания частиц на потери из-за двухфазности. Отсутствует сравнение с классическими моделями определения потерь из-за двухфазности.

6. Отсутствует сравнение расчетных потерь удельного импульса с потерями из-за химической неравновесности.

Отзыв на диссертацию ведущей организации – Акционерного общества «Корпорация «Московский институт теплотехники» содержит

следующие замечания:

1. В главе 5 диссертации на рис. 5.4, иллюстрирующем изменение температуры смеси продуктов сгорания ТТ «перхлорат аммония/полибутадиеновый каучук = 84/16» при добавлении (вдуве) в их состав газофазных продуктов разложения (метана и водорода) резиноподобного ТЗП, при интенсивности вдува $\dot{m}_{\text{вд}}/\dot{m} \geq 6\%$ наблюдается существенное отличие расчетной температуры от температуры термодинамического равновесия, что может привести к значительным искажения при последующем определении значений коэффициентов расхода, сопла и удельного импульса.

2. В диссертации рассмотрено взаимодействие продуктов сгорания безметального ТТ с продуктами разложения фенолформальдегидного и резиноподобного ТЗП. При этом не указано, насколько универсальна разработанная физико-математическая модель; например, позволяет ли она рассматривать другие теплозащитные материалы: синтетические каучуки, эпоксидные и фторполимерные смолы или их комбинации.

3. В представленной работе отсутствует учёт изменения геометрии минимального сечения дозвукового контура при абляции теплозащитного материала.

4. Отсутствуют сведения о химических реакциях разложения твердого топлива в жидкой фазе, а также не учитываются реакции на поверхности теплозащитного покрытия; вместе с тем данные реакции могут оказать заметное влияние на параметры работы РДТТ.

Отзыв на автореферат диссертации АО «Казанское ОКБ «Союз», составленный ведущем инженером-конструктором, кандидатом технических наук Ивановым С.Н., содержит следующее замечание:

1. В подрисуночной подписи к рисунку 27 есть ссылка на рисунок 28, при этом сам рисунок 28 отсутствует в автореферате.

Отзыв на автореферат диссертации АО «ФЦДТ «Союз», составленный главным научным сотрудником, кандидатом технических наук Лавровым Г.С. и начальником лаборатории Кулибабой В.А., содержит

следующие замечания:

1. В работе представлены профили приведенной скорости в зависимости от массовой доли газообразных продуктов пиролиза, изложен вопрос влияния состава продуктов разложения ТЗМ на структуру и характеристики потока, а изменение профиля температуры не представлено, что повысило бы наглядность этой части работы.

2. Отсутствует описание математической модели для движения нереагирующих частиц. Также требует пояснение выбор характерного размера частиц сажи, принятого в расчетах.

3. В автореферате использована аббревиатура «ТЗП», в то время как корректней было бы использовать аббревиатуру «ТЗМ», как это указано в названии работы.

Отзыв на автореферат диссертации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», составленный кандидатом технических наук, доцентом Савельевым С.К. содержит следующие замечания:

1. В основном содержании главы 1 имеется упоминание о упрощенном описании теплового баланса между твердой, жидкой и газовой фазами твердого топлива, однако сам применяемый подход не представлен, что возможно является упущением.

2. Было бы полезно, если бы автор в автореферате представил основные граничные условия по газофазному составу продуктов разложения АР/НТРВ и ссылки на применяемые в работе кинетические механизмы.

3. Из-за отсутствия пояснений не понятно почему для одномерных приближений удовлетворительно использовать механизм К.В. Пудуппаккама, а для плоских и объемных моделей механизм М.Л. Гросса?

4. В соответствии с рисунком 10 (профили температуры пламени АР по сокращенному механизму) наблюдается расчетное увеличение температуры вблизи поверхности горящего перхлората. С чем связано данное увеличение?

5. Не понятно, каким образом осуществлен совместный расчет теплообмена и газодинамического моделирования реагирующей среды в Ansys Fluent, не указано использовались ли UDF (пользовательские функции) или какие-то дополнительные подключаемые модули программ?

6. В главе 4 размер нереагирующих частиц выбран 1000 мкм, однако, отсутствует пояснение подобного выбора. Чем подкреплен подобный выбор, имеется ли в литературе экспериментальное подтверждение?

7. Работа, в которой проводится исследование достаточно сложного физико-химического процесса во взаимодействии с газодинамикой, неизбежно насыщена значительным количеством численных данных. При этом автору не всегда удается провести содержательное обобщение полученных результатов. Примером тому служат формулировки научных результатов, выносимых на защиту, которые на фоне детального и технически грамотного анализа рассмотренных проблем выглядят недостаточно конкретными.

Отзыв на автореферат диссертации ПАО «Долгопрудненское научно-производственное предприятие», составленный начальником КБ-63 Хромовым А.С. содержит следующие замечания:

1. В работе присутствуют незначительные орфографические и оформительские ошибки. Отсутствует детальный анализ возможных ограничений при практическом применении результатов. Недостаточно проработаны вопросы масштабирования результатов на реальные двигатели.

Отзыв на автореферат диссертации АО «Опытное конструкторское бюро «НОВАТОР», составленный ученым секретарем Научно-технического Совета, Лауреатом премии Правительства РФ по науке и технике, Заслуженным конструктором РФ, Почётным авиастроителем, Почетным машиностроителем, кандидатом технических наук Барским В.Е., начальником управления научно-исследовательских разработок и материаловедения – главным химиком Койтовым С.А. содержит следующие замечания:

1. Отсутствует описание условий моделирования двухфазного потока, не указаны принятые модели и начальная скорость частиц.

2. Необоснованность выбора моделей турбулентности. Не приведено сравнения результатов, полученных по модели $k-\omega$ SST, с другими моделями турбулентности для подтверждения адекватности выбора;

3. Отсутствует пояснения по выбору размера нереагирующих частиц сажи 1000 мкм.

4. На рисунке 13 приводятся данные газодинамического моделирования реагирующей среды и без учета химического взаимодействия (данные Кирилловой А.Н.). Показана разница между влиянием газодинамического и химического факторов на коэффициент расхода, однако по тексту и далее отсутствует какая-либо количественная информация.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Шайдуллина Р.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Корепанова М.А., доктора технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника лаборатории Физико-химической механики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» в качестве официального оппонента обосновывается его признанной научной компетенцией в области математического моделирования газодинамических течений, гомогенной конденсации в соплах и струйных течений, а также подтверждается его опытом прикладных исследований и разработок в области ракетных двигателей.

Выбор Полянского А.Р., кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Ракетные двигатели» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» обосновывается его высокой научно-технической компетенцией в области моделирования пневмогидравлических систем и процессов в ракетных двигательных установках. Компетентность Полянского А.Р. обусловлена его значительным опытом в проведении комплексных исследований, сочетающих теоретическую и

экспериментальную оценку характеристик двигательных установок и внутрикамерных процессов.

Выбор ведущей организации обусловлен тем, что эта организация является головным научно-производственным предприятием и признанным отраслевым лидером в области разработки ракетно-космической техники. Профильная деятельность организации напрямую соответствует тематике диссертационного исследования. Научный и экспертный потенциал корпорации, основанный на реализации крупных проектов и наличии собственных исследовательских школ, позволяет обеспечить всесторонний и высококвалифицированный анализ работы, оценить актуальность, научную новизну и практическую значимость результатов диссертации, а также сформировать рекомендации по практическому использованию результатов работы для предприятий отрасли, занимающихся проектированием и разработкой ракетных двигателей.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан редуцированный кинетический механизм для процесса горения перхлората аммония, позволяющий производить оценку изменения градиента температуры вблизи горячей поверхности твердого перхлората аммония в диапазоне умеренных давлений в плоских и объемных газодинамических постановках;

- сформирована математическая модель физико-химического взаимодействия продуктов сгорания безметалльного твердого топлива с газофазными продуктами разложения теплозащитного материала в камере сгорания и сопле двигательной установки, позволяющая более детально представлять и исследовать высокотемпературные внутрикамерные процессы в составе РДТТ;

- определено количественное влияние уноса массы теплозащитного материала дозвуковых участков утолщенного сопла на коэффициент расхода, коэффициент сопла и коэффициент удельного импульса, обуславливающие энергоэффективность преобразования потенциальной энергии твердого топлива в энергию реактивной струи и позволяющие выбрать оптимальный

контур дозвукового участка сопла;

- определено количественное влияние уноса массы резиноподобного теплозащитного материала камеры сгорания на коэффициент расхода, коэффициент совершенства процессов в камере сгорания, коэффициент сопла и коэффициент удельного импульса.

Теоретическая и практическая значимость исследования обусловлена тем, что:

- получены количественные данные об изменении коэффициентов расхода, сопла и удельного импульса от интенсивности и характера уноса теплозащитного материала, что вносит вклад в развитие методов физико-математического моделирования процессов в РДТТ, предоставляя инструмент для согласования теоретических расчетов с результатами натурных испытаний, и имеет непосредственное прикладное значение, формируя инженерную методику для проектного расчета и оптимизации двигательных установок с целью достижения заданных требований по тягово-импульсным характеристикам;

- метод расчета теплового баланса на поверхности уносимого теплозащитного материала дозвукового участка сопла и камеры сгорания используются при выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ с развитой научно-исследовательской частью;

- сформулированы обоснованные рекомендации по моделированию процесса горения твердого топлива (отдельно и в составе двигателя), расширяющие методологию учета химической неравновесности в сложных смесях.

Оценка достоверности результатов исследования

Достоверность полученных в работе результатов обоснована комплексным подходом к верификации: использованные кинетические механизмы для перхлората аммония и для твердого топлива на основе перхлората аммония и полибутадиенового каучука с гидроксильными концевыми группами были валидированы путем сопоставления результатов моделирования с опубликованными результатами расчетов и экспериментальными данными других авторов, а также с данными,

полученными в рамках термодинамического приближения, что демонстрирует корректность описания химических процессов. Расчеты ключевых газодинамических параметров выполнялись с использованием стандартизированных, общепринятых и апробированных методик, что минимизирует вычислительную погрешность.

Личный вклад соискателя состоит в:

- выполнении системного анализа научно-технической литературы по кинетическим механизмам горения перхлората аммония и полибутадиенового каучука с гидроксильными концевыми группами и подходам к моделированию газофазных химических взаимодействий в камерах и соплах РДТТ;

- проведении сравнительного анализа кинетических механизмов горения перхлората аммония и разработке редуцированного механизма химической кинетики для горения перхлората аммония;

- формировании на основе верифицированных моделей расчетной методики, объединяющей механизмы химической кинетики, уравнение теплового баланса на поверхности теплозащитного материала и газодинамическую постановку задачи для камеры;

- проведении параметрического анализа и определении количественных условий, при которых взаимодействие продуктов сгорания с продуктами разложения теплозащитного материала приводит к значительному отклонению системы от химического равновесия, и оценке влияния выявленной химической неравновесности на точность определения ключевых рабочих параметров РДТТ по сравнению с классическим термодинамическим приближением.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний, которые ставили бы под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

На заседании 24 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи разработки методологии повышения точности расчета характеристик РДТТ, основанной на переходе от

термодинамической модели к химико-кинетической при высокой неравновесности системы «продукты сгорания-продукты разложения», и установлении количественного влияния уноса теплозащитного материала на газодинамические параметры сопла и удельный импульс, имеющей значение для оборонной промышленности области разработки высокоэффективных РДТТ, присудить Шайдуллину Р.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Проректор по научной работе,

д.т.н., доцент



А.В. Иванов

Председательствующий заседании

диссертационного совета 24.2.327.06,

д.т.н., профессор

Ю.А. Равикович

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.327.06

д.т.н., доцент

В.М. Краев

24 декабря 2025 г.