

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Маслова Дарья Владимировна

Тема диссертации: Влияние неравновесности на характеристики излучения высокотемпературных газовых смесей

Специальность: 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 23 декабря 2019 диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Масловой Дарье Владимировне ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Равикович Ю.А., *заместитель председателя диссертационного совета* Агульник А.Б., *ученый секретарь диссертационного совета* Зуев Ю.В., члены диссертационного совета Абашев В.М., Демидов А.С., Козлов А.А., Кочетков Ю.М., Краев В.М., Лесневский Л.Н., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тазетдинов Р.Г., Тимушев С.Ф., Хартов С.А., Чванов В.К.

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

Зуев Ю. В.

И.о. научного секретаря отдела УДС МАИ

Т.А. Микикина



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 23.12.2019 г. № 31

О присуждении Масловой Дарье Владимировне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние неравновесности на характеристики излучения высокотемпературных газовых смесей» по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» принята к защите 17.10.2019 г., (протокол заседания № 19) 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, Волоколамское шоссе, д.4; приказ Минобрнауки РФ о создании диссертационного совета – № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Маслова Дарья Владимировна, 1990 года рождения, работает инженером 2-ой категории в федеральном государственном унитарном предприятии «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И.Баранова» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

В 2014 году соискатель окончила с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2018 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Авиационно-космическая теплотехника» 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, Молчанов Александр Михайлович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Авиационно-космическая теплотехника», профессор.

Официальные оппоненты:

Рыжков Сергей Витальевич, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра «Теплофизика», профессор;

Ребров Сергей Григорьевич, доктор технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», отдел «Космическая энергетика», начальник отдела

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева», г. Королев, в своем положительном отзыве, подписанном Улыбышевым Юрием Петровичем, доктором технических наук, руководителем научно-технического центра расчетно-теоретического обеспечения, Алексеевым Алексеем Кирилловичем, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником отдела аэрогазодинамики, Басовым Андреем Александровичем, кандидатом технических наук, начальником отделения систем терморегулирования, Балакиным Андреем Станиславовичем, инженером отдела аэрогазодинамики и утвержденном Микриным Евгением Анатольевичем, академиком РАН, генеральным конструктором – первым заместителем генерального директора, указала, что практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в возможности их использования для решения широкого круга прикладных задач высокотемпературной теплотехники авиационной, ракетно-космической и других отраслей промышленности. В частности: проводить исследования термо-газодинамических и тепловых процессов на любых этапах проектирования авиационной и ракетно-космической техники нового поколения; вносить коррективы в целях демаркации в системы обнаружения и слежения на любой стадии полёта ракетного комплекса; рекомендовать научно обоснованные факторы по уменьшению в процессе полёта ракетных комплексов вредных выбросов в атмосферу. Основные результаты работы могут быть рекомендованы к использованию в практической деятельности предприятиями: ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», АО «ВПК «НПО машиностроения», ГНЦ РФ ФГУП «Исследовательский Центр им. М.В. Келдыша», АО «Корпорация «МИТ», АО «Корпорация «Комета». Диссертация Масловой Дарьи Владимировны «Влияние неравновесности на характеристики излучения высокотемпературных газовых смесей»

выполнена на высоком научном уровне, отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, а ее автор, Маслова Д. В., достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Соискатель имеет 4 опубликованные работы, все по теме диссертации, общим объемом 5,03 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 2 работы. Из 4 печатных работ: 3 – статьи в научных журналах, 1 – тезисы доклада на конференции. Все работы написаны в соавторстве.

Эти работы посвящены разработке математической модели течения химически и термически неравновесной газовой смеси; анализу системы эмпирических параметров для решения различных задач высокотемпературной термодинамики; методам расчета интенсивности излучения горячих газов с ярко выраженным линейчатым спектром; созданию алгоритмической программы расчета неравновесного излучения высокотемпературных газовых и гетерогенных струй; апробации модели на основе сопоставления результатов расчета с экспериментальными данными и расчетами других авторов; анализу влияния термической неравновесности на интенсивность и спектр излучения высотных струй ракетных двигателей; исследованию инфракрасного излучения колебательно возбужденной газовой смеси, содержащей HCl.

Основным авторским вкладом являются:

- разработанная методика расчета теплового излучения колебательно неравновесной газовой смеси, основанная на методе k-распределения и позволяющая с высокой эффективностью проводить расчеты узкополосного излучения молекулярных газов с линейчатым спектром;

- выработанные на основе проведенных расчетных исследований рекомендации по выбору коэффициентов скоростей колебательных энергетических переходов для проведения практических расчетов неравновесного излучения с участием возбужденных молекул *HCl*.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

Публикации по теме диссертации:

1. Маслова Д.В., Молчанов А.М. Теоретическое исследование ИК излучения колебательно возбужденной газовой смеси, содержащей *HCl* // Тепловые процессы в технике. 2017. Т. 9, № 6. С. 252-261.

2. Молчанов А.М., Маслова Д.В. Расчет газодинамики и ИК излучения 3D-струй с учетом колебательной неравновесности // Тепловые процессы в технике. 2019. Т. 11, № 4. С. 146-157.

3. Маслова Д.В., Молчанов А.М. Расчет неравновесного излучения горячих газовых потоков с использованием модели *k*-распределения // Авиадвигатели XXI века: сборник тезисов докладов Всероссийской научно-технической конференции (Москва, 24-27 ноября 2015) . – М.: ЦИАМ, 2015. С. 1076-1078. – (1133 с.)

4. Молчанов А. М., Солнцев М. В., Маслова Д. В. Влияние угла атаки на тепловое излучение газовой и многофазной струи // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2016. Т. 17, № 3. С. 10. – URL: <http://chemphys.edu.ru/issues/2016-17-3/articles/636/> (дата обращения 29.07.2019).

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

Отзыв на диссертацию официального оппонента Рыжкова С.В., доктора физ.-мат. наук, доцента, содержит замечания:

1. Численный метод расчета теплового излучения колебательно неравновесной газовой смеси в работе основывается на методе k -распределения, для которого в диссертации не доказан монотонный характер функции $g(\underline{\phi}, k) = \int_0^k f(\underline{\phi}, k) dk$.

2. В диссертационной работе присутствуют лишь ссылки на математическую модель и численную методику. В частности не указаны параметры расчетной сетки, примененной в работе: регулярная или нерегулярная, общее число расчетных узлов, способы адаптации сетки.

3. Для апробации математической модели в работе проведены тестовые расчеты струй с конденсированной / твердой фазой. Однако в ней не указаны способы учета процесса рассеяния теплового излучения колебательно неравновесной газовой смеси на конденсированных частицах многофазных струй газа.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Реброва С.Г., доктора технических наук содержит замечания:

1. В диссертации и автореферате отсутствует четкая формулировка, отражающая – какая научная задача, имеющая значение для развития авиационно-космической отрасли, была (в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней»).

2. В диссертации приведено большое количество результатов моделирования струй различных двигателей изделий ракетно-космической техники, однако хотелось бы увидеть примеры применения разработанной методики для моделирования других видов течений.

3. В первой главе при рассмотрении вопроса о выборе системы энергетических переходов автор пишет «Так, воспользовавшись распределением Больцмана, можно показать, что до температуры 3000 К достаточно рассматривать от одного (H_2) до трех (O_2, CO_2, H_2O) первых колебательных уровней (при этом доля молекул на верхнем уровне будет составлять 1-7 % от их общего числа)». Считаю, что было бы целесообразно кратко привести соответствующие расчеты.

Отзыв на диссертацию ведущей организации ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева» содержит замечания:

1. В Главе 1 (стр. 19) упоминается воздействие высокотемпературной догорающей струи на стартовый комплекс. Такое воздействие, безусловно, есть, однако влияние неравновесности в условиях старта представляется, на наш взгляд, незначительным.

2. В Пункте 4 раздела "Основные результаты и выводы" термин "верификация" не совсем точно отражает существо выполненной работы. На самом деле речь идет одновременно о валидации физической модели (сравнение с экспериментальными данными) и о верификации алгоритма (сравнение с расчетами).

Отзыв на автореферат диссертации Тихонова А.А., кандидата технических наук, начальника лаборатории АО «Корпорация «Московский институт теплотехники» содержит замечание: «При расчете релаксационных процессов использовалась только модель модовой кинетики колебательной энергии, и не уделено достаточного внимания модели уровневой кинетики с анализом заселенности колебательных уровней».

Отзыв на автореферат диссертации акционерного общества «Корпорация космических систем специального назначения «Комета»,

составленный доктором технических наук, старшим научным сотрудником, ведущим научным сотрудником Красоткиным В.С. и утвержденный генеральным директором – генеральным конструктором Мисником В.П., содержит замечания:

1. В автореферате не приведены результаты тестирования предлагаемой соискателем методики.
2. В тексте нет расшифровки аббревиатуры РД.

В отзыве на автореферат диссертации Шоева Г.В., кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника, сотрудника ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН» в качестве замечания отмечается: «К сожалению, в автореферате не представлено сравнение численных и экспериментальных данных, например, с данными из работы [Avital et al., J Thermophys Heat Tr, 2001]. Также из автореферата неясно проводилось ли сравнение величины энергии возбужденных электронных состояний молекул с другими энергетическими модами. Такое сравнение могло бы окончательно подтвердить справедливость предположения 2, сделанного для построения математической модели».

Отзыв на автореферат диссертации Кузмы-Кичты Ю.А., доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Инженерная теплофизика» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» содержит замечания:

1. В работе используется уравнение переноса излучения без учета рассеяния, однако нет пояснений относительно обоснованности данного подхода.

2. Рисунки с распределениями колебательных температур вдоль струи можно было сделать цветными, поскольку в черно-белом варианте некоторые графики трудно воспринимаются.

Отзыв на автореферат диссертации ФКП «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности», составленный доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником Галеевым А.Г., кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником Орловым В.А. и утвержденный заместителем генерального директора по научной работе, кандидатом технических наук, доцентом Юрьевым И.А., замечаний не содержит.

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

Выбор Рыжкова С.В., доктора физ.-мат. наук, доцента, профессора кафедры «Теплофизика» в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах численного моделирования процессов газовой динамики и теплообмена, в области физики высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза. Рыжков С.В. регулярно публикует статьи в рецензируемых научных журналах, в том числе в изданиях, входящих в международные системы цитирования, а так же выступает на международных конференциях. Является автором более 100 научных работ в области теплофизики, физики плазмы, радиационной газовой динамики и ядерной энергетики. Лауреат премии РАО «ЕЭС России» и РАН «Новая генерация» в области энергетики (2006), лауреат медали и премии РАН для молодых учёных в области физико-технических проблем энергетики (2008).

Выбор Реброва С.Г., доктора технических наук, начальника сектора «Космическая энергетика», обосновывается его большим опытом в области экспериментальных исследований и численного моделирования процессов горения углеводородных топлив, лазерного воспламенения ракетных топлив в камере сгорания ЖРД, что подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых журналах и выступлениях на международных конференциях. Ребров С.Г. является автором патентов по созданию аккумуляторных батарей, которые могут использоваться в системах электроснабжения космических аппаратов, требующих повышенных энергетических и эксплуатационных характеристик.

Ведущая организация выбрана в соответствии с тем, что она является ведущим российским ракетно-космическим предприятием, головной организацией по пилотируемым космическим системам. Ведёт работы по созданию автоматических космических и ракетных систем (средств выведения и межорбитальной транспортировки), высокотехнологичных систем различного назначения для использования в некосмических сферах. В ведущей организации проводятся исследования неравновесных физико-химических процессов, протекающих при полете летательных аппаратов на больших высотах и ближнем космосе.

Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом изучения процессов, протекающих в высокоскоростных, химически активных турбулентных струях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложена и апробирована новая методика расчета теплового излучения колебательно неравновесной газовой смеси на основе метода k-распределения;

- доказана необходимость учета влияния термической неравновесности при расчете интенсивности излучения высотных струй ракетных двигателей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- доказано, что учет эффектов термической неравновесности в математической модели оптических характеристик высокотемпературных газов приводит к повышению достоверности получаемых результатов;

- изложены и реализованы подходы, улучшающие описание комплекса термических неравновесных процессов, в факелах ракетных двигателей, детально обоснованы полученные результаты численного моделирования;

- проведена модернизация существующего метода распределения, позволяющая с помощью данного метода проводить расчет для термически неравновесной среды.

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

- выработаны рекомендации по выбору коэффициентов скоростей реакций энергообмена с участием молекул, позволяющие предложить новый спектральный диапазон для дистанционной диагностики факелов двигателей летательных аппаратов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Теория построена на известных, проверяемых данных, фактах, в т.ч. для предельных случаев, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации или по смежным отраслям.

Идея базируется на анализе практики, обобщении передового опыта и корректном использовании фундаментальных уравнений термодинамики и тепломассообмена в предложенной математической модели;

Использованы сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике.

Установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке эффективной методики расчета теплового излучения колебательно неравновесных газовых смесей с ярко выраженным линейчатым характером спектра;

- проведении верификации разработанной математической модели путём сравнения с имеющимися в литературе экспериментальными данными и результатами расчёта других авторов полученных в диссертации характеристик излучения высокоскоростных турбулентных струй с термическими и химическими неравновесными процессами;

- подготовке материалов для создания базы данных по оптическим характеристикам неравновесного излучения молекул HCl;

- формулировании выводов по результатам работы и направлений дальнейших исследований по проблеме.

На заседании 23.12.2019 диссертационный совет принял решение присудить Масловой Д.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника», учувствовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 22, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета
доктор техн. наук, проф.



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор техн. наук, профессор

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Зуев Ю.В.", written over a horizontal line.

Зуев Юрий Владимирович

23 декабря 2019г.