

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ
ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

дата защиты 25.12.2017г. протокол № 10

О присуждении Крикуновой Анастасии Игоревне, гражданке Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Колебания и неустойчивости горения предварительно перемешанной смеси в условиях микрогравитации», в виде рукописи, по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, принята к защите 23.10.2017 г., протокол № 8, диссертационным советом Д 002.110.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, тел. (495) 485-8345, jiht.ru,), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 75/нк от 15.02.2013г.

Соискатель Крикунова Анастасия Игоревна, 1990 года рождения, в 2013 году окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

В 2017 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-технического института (государственного университета)».

Работает научным сотрудником лаборатории № 4.3.1 – экспериментальных и теоретических исследований горения отдела №4.1 Электрофизики и энергетики Научно-исследовательского центра электрофизики и тепловых процессов (НИЦ-4) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Научный руководитель – академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физической механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московского физико-технического института (государственного университета)» Сон Эдуард Евгеньевич.

Официальные оппоненты:

член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д. 1) Маркович Дмитрий Маркович;

доктор физико-математических наук, профессор главный научный сотрудник отделения твердотопливных ракетных двигателей Государственного научного центра Российской Федерации федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательского центра им. М.В. Келдыша» (125438, г. Москва, Онежская ул., 8) Черкасов Сергей Гелиевич
дали положительные отзыв на диссертацию;

Ведущая организация: Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» (111116, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 2) в своем положительном заключении, принятом на заседании НТС отдела аэрокосмических двигателей, составленном заместителем начальника отдела аэрокосмических двигателей по научному направлению, кандидатом технических наук Александровым В.Ю. (утвержденном заместителем генерального директора — директором исследовательского центра «Аэрокосмические двигатели и химмотология» Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» к.ф.-м.н. Прохоровым А.Н.), отметила актуальность, научную новизну, достоверность результатов работы, практическую значимость работы.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в ОИВТ РАН, ЦИАМ им. П.И. Баранова, МФТИ, а также других научных и производственных организациях.

Соискатель имеет 11 опубликованных по теме диссертации работ, из которых 2 статьи – в журналах из перечня ВАК и 1 статья – в журнале, входящем в реферативную базу данных Web of Science, 8 тезисов в сборниках трудов конференций. Основные работы:

1. Son E.E. Krikunova A.I. & Saveliev A.S. Premixed Combustion Study: Turbulence in the Nozzle Behind Grids and Spheres // High Temperature. — 2016. — Vol. 54, no. 3. — P. 403–408. doi: 10.1134/S0018151X16030202.
2. Krikunova A.I. Son E.E. & Saveliev A.S. Premixed conical flame stabilization // Journal of Physics: Conference Series. — 2016. — Vol. 774, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/774/1/012087.
3. Крикунова А. И., Сон Э. Е., Клинков К. В. Влияние гравитационных сил на процессы горения // Прикладная физика. – 2017. – №. 3. – С. 21-25.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации» (профессор кафедры механики, д.ф.-м.н., профессор Исаев Сергей Александрович) – отзыв положительный, с замечаниями:

– Следовало четче и конкретнее показать научную новизну. Мало выводов и много деклараций о проведенных работах. Научная проблема выглядит размытой. Хотелось четче обозначить и обосновать «болевые точки» исследования.

– Хотелось бы увидеть описания методологии и получения результатов численных расчетов с использованием пакета FlowVision, а также обоснования его выбора.

2. РГП «Институт проблем горения» (ведущий научный сотрудник лаборатории «Синтеза углеродных наноматериалов в пламени», доцент, к.х.н., Лесбаев Бахытжан Тастанович) – отзыв положительный, с замечаниями:

– Желательно было бы провести сравнительный анализ состава продуктов горения при нормальной гравитации и микрогравитации. Эти данные были бы полезны для выявления отличительных черт механизмов горения и полноты сгорания топлива в условиях микрогравитации.

3. ОАО «Научно-исследовательское предприятие гиперзвуковых систем» (ученый секретарь, старший научный сотрудник, к.ф.-м.н., Корабельников Алексей Васильевич, утвержден генеральным директором – главным конструктором ОАО «НИПГС», д.ф.-м.н. Курановым Александром Леонидовичем) - отзыв положительный, с замечаниями:

– В пункте 2 выводов по результатам работы следовало бы показать в явном виде влияние различных видов гравитации на величину скорости ламинарного горения метано-воздушного пламени, а в пункте 5 пояснить, в чем уникальность полученных фотографий флуоресценции радикалов ОН в условиях микрогравитации.

– Из текста автореферата не ясно, были ли обнаружены в качестве причин изменения скорости горения топлива изменения на уровне скорости реакции горения, как химической кинетики, так и диффузионных процессов, которые можно было бы экспериментально зафиксировать как размытие слоев наблюдаемых частиц в пламени.

– Из текста автореферата не ясно, на чем основан физический принцип стабилизации с помощью вихреобразующего тела – кольца, применяемого для расширения области стабильного пламени по скоростям и коэффициентам избытка топлива. Автор отмечает, что такой метод стабилизации, в отличие от внешней закрутки потока, использования стабилизирующих тел, таких как проволока, цилиндр, диск, использования пилотного пламени или плазменной стабилизации, не влияет на температурные и скоростные характеристики потока, не вносит изменений в состав продуктов сгорания и не изменяет форму пламени.

4. ФГБОУ ВПО «Самарский государственный университет путей сообщения» (заведующий объединенной кафедрой «Естественные науки» д.ф.-м.н., д.т.н., профессор Волон Вячеслав Теодорович) – отзыв положительный, с замечаниями:

– В работе не отражены вопросы влияния начальных условий на процессы горения.

– Некоторая «размытость» выводов, полученных в результате исследований.

– Имеется ряд несущественных замечаний, например, в поле актуальности диссертант пишет, что «мировой парк транспортных средств,

работающих на метане, ежегодно возрастает на 25-30%, и по прогнозам к 2020 г. будет достигать 50 млн. единиц», учитывая, что работа посвящена теории горения, указанные ссылки не являются обязательными.

5. АО «ГРЦ Макеева» (заместитель генерального конструктора по проектированию изделий и комплексов — первый заместитель начальника КБ-1 Молчанов Сергей Филиппович, главный конструктор по боевым ракетным комплексам, д.ф.-м.н. Хлыбов Владимир Ильич, главный ученый секретарь, к.т.н. Калашников Сергей Тимофеевич) - отзыв положительный, с замечаниями:

- В работе показана возможность получения изображений флуоресценции радикалов ОН в условиях микрогравитации при экспериментах на вакуумно-динамическом стенде «Drop tower», однако, кроме динамики фронта горения не получены такие характеристики пламени, как распределение температур и плотностей. Такие данные позволили бы значительно углубить понимание влияния гравитационных сил на процессы горения.

- В работе уделено недостаточно внимания анализу погрешностей измерения.

- Недостаточно подробно описана методика проведения расчетов с использованием программного пакета FlowVision.

6. ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ведущий научный сотрудник лаборатории нелинейной динамики и теоретической биофизики, д.ф.-м.н. Губернов Владимир Владимирович) - отзыв положительный, без замечаний.

7. ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет» (заведующий кафедрой технической физики и энергетики, д.т.н., доцент Кашапов Наиль Фаикович) – отзыв положительный, с замечаниями:

- Цель работы сформулирована не лаконично и выглядит несколько расплывчато. Обилие информации создает впечатление, что это аннотация выполненного исследования.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что: д.ф.-м.н., профессор Черкасов С.Г. является ведущим ученым в области исследований тепломассообмена и сложных гидродинамических течений. Является автором более 60 статей по этой тематике.

Основные публикации Черкасова С.Г., связанные с тематикой диссертационной работы Крикуновой А.И.:

1. А. В., Ананьев, В. В., Миронов, Л. А., Моисеева, С. Г. Черкасов. Анизотропное влияние естественной конвекции на температурное поле в емкости при наличии устойчивой температурной стратификации // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. – 2015. – №. 5. – С. 96-106.

2. С. Г., Черкасов, А. В., Ананьев, В. В., Миронов, Л. А., Моисеева. Температурное расслоение в вертикальной цилиндрической емкости с турбулентным свободно-конвективным пограничным слоем // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2016. – №. 4. – С. 137-146.

3. С. Г., Черкасов, А. В., Ананьев, Л. А., Моисеева. Особенности пристеночной свободной конвекции в стратифицированной по температуре среде // Теплофизика высоких температур. – 2017. – Т. 55. – №. 3. – С. 410-417.

Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Маркович Д.М. является признанным мировым специалистом в области экспериментальных и теоретических исследований и разработки методов диагностики процессов горения.

Основные публикации Марковича Д.М., связанные с тематикой диссертации:

1. A. S., Nebuchinov, Y. A., Lozhkin, A. V., Bilsky, D. M., Markovich. Combination of PIV and PLIF methods to study convective heat transfer in an impinging jet // Experimental Thermal and Fluid Science. – 2017. – Т. 80. – P. 139-146.

2. M. P., Tokarev, D. K., Sharaborin, A. S., Lobasov, L. M., Chikishev, V. M., Dulin, D. M., Markovich. 3D velocity measurements in a premixed flame by tomographic PIV // Measurement Science and Technology. – 2015. – Т. 26. – №. 6. – P. 064001.

3. S. V., Alekseenko, D. M., Markovich, V. M., Dulin, L. M., Chikishev. Study of vortex core precession in combustion chambers // Thermophysics and Aeromechanics. – 2013. – Т. 20. – №. 6. – P. 679-686.

Выбор государственного научного центра Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» (ЦИАМ) в качестве ведущей организации обусловлен тем, что ЦИАМ является профильной организацией, специализирующейся на проведении исследований в области горения химически активных газовых смесей и их использования в качестве

топлив для различных типов двигателей. В исследовательском центре «Аэрокосмические двигатели и химмотология» ведутся интенсивные экспериментальные исследования процессов горения, что близко к тематике диссертационного исследования соискателя. Среди основных публикаций сотрудников ЦИАМ можно выделить следующие публикации, связанные с тематикой диссертации:

1. Р. В., Албегов, В. А., Виноградов, Ю. М., Шихман. Горение метана при различных схемах впрыска в воздушный поток с большими дозвуковыми скоростями // Физика горения и взрыва. – 2016. – Т. 52. – №. 1. – С. 18-29.

2. Sharipov A. S., Titova N. S., Starik A. M. Evaluation of the reaction rate constants for the gas-phase Al-CH_4 –air combustion chemistry // Combustion Theory and Modeling. – 2012. – Т. 16. – №. 5. – P. 842-868.

3. Козлов В. Е. Расчетное исследование влияния турбулентности набегающего потока на V-образное горение однородной метановоздушной смеси // Теплофизика высоких температур. – 2012. – Т. 50. – №. 4. – С. 538-543.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований:**

– Созданы экспериментальные стенды для исследования характеристик открытого метано-воздушного пламени предварительно перемешанной смеси в условиях микрогравитации, нормальной и «обратной» гравитации при вариации скорости потока и коэффициента избытка топлива в широком диапазоне;

– Получены экспериментальные данные о границах проскока и уноса конического метано-воздушного пламени при изменении направления распространения фронта горения относительно направления вектора гравитации из сонаправленного в противоположно направленное;

– Получены экспериментальные данные о скорости распространения фронта пламени в метано-воздушной смеси в условиях нормальной, «обратной» и микрогравитации;

– Получены экспериментальные данные о частотах пульсаций пламени в условиях нормальной и «обратной» гравитации для широкого спектра вариации скорости потока и коэффициента избытка топлива смеси; расчетные данные при вариации интенсивности внешнего гравитационного поля; на основании этого предложен критерий зависимости частоты мерцания

пламени предварительно перемешанной смеси от гравитационных сил и коэффициента избытка топлива.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- созданы лабораторные установки для измерения параметров ламинарного и переходного к турбулентному режиму горения в условиях нормальной, «обратной» и микрогравитации (при использовании вакуумно-динамического стенда «Drop tower»);

- впервые получены экспериментальные данные о: кривизне фронта пламени, границах горения (проскок и унос пламени), высоте факела, скорости распространения фронта пламени, частотах мерцания, ламинарном и переходном к турбулентному режиму горения в лабораторных условиях при нормальной гравитации и в условиях микрогравитации;

- экспериментально показано, что при изменении направления распространения фронта пламени относительно направления вектора гравитации из сонаправленного в противоположно направленное происходит расширение области стабильного пламени в зоне уноса и сужение в зоне проскока;

- предложен критерий оценки зависимости частоты мерцания пламени предварительно перемешанной смеси от интенсивности гравитационных сил и коэффициента избытка топлива;

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что проведен ряд экспериментальных исследований процессов горения предварительно перемешанных метано-воздушных смесей в условиях микрогравитации, нормальной и «обратной» гравитации, которые позволили сделать вывод и оценить влияние гравитационных сил на кривизну фронта пламени, границы горения (проскок и унос пламени), высоту факела, скорость распространения фронта пламени, неустойчивости пламени. Данные результаты могут быть использованы при моделировании процессов горения, для верификации численных моделей, для учета особенностей поведения пламени в горелочных устройствах при изменении внешних силовых полей (перегрузка), а также при прогнозировании поведения пламени при нештатных ситуациях (пожарах) на космических станциях.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в Объединенном институте высоких температур РАН, в Институте физической химии им. Н.Н. Семенова РАН, в Центральном институте авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, в Государственном ракетном центре имени академика В.П. Макеева и в других научных и промышленных учреждениях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что экспериментальные данные получены при помощи современных методов диагностики изотермических потоков и пламени, а также при использовании уникального оборудования для получения условий микрогравитации. Достоверность результатов численного моделирования обеспечивается совпадением с экспериментальными данными, а также надежностью программного пакета FlowVision. Полученные результаты на основе анализа экспериментальных и расчетных данных не вызывают сомнений, поскольку исследования проводились на высоком современном технологическом уровне, с оценкой ряда данных при помощи независимых методик.

Личный вклад соискателя:

Автор работы принимал непосредственное участие в постановке научных задач и разработке методики их реализации. Вклад соискателя состоит в подготовке и проведении экспериментальных исследований изотермических и реагирующих потоков в условиях микрогравитации, нормальной и обратной гравитации. Обработка и анализ полученных экспериментальных данных, на основе которых были сформулированы основные выводы работы и положения, выносимые на защиту, является полностью заслугой автора. Также соискатель провел работу по численному моделированию процессов, исследуемых экспериментально, показал высокое совпадение ряда результатов с экспериментальными данными и на основе анализа получил результаты, на основании которых формулировались основные выводы по работе.

Апробация результатов исследования проводилась на 8 российских и международных конференциях, симпозиумах и семинарах, в которых соискатель принимал личное участие. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены автором в соавторстве.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствует

критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании от 25.12.2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Крикуновой А.И. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 13 докторов наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 22, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета Д 002.110.03

чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

Вараксин А.Ю.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.03

д.т.н.



Директор Л.Б.

25.12.2017 г.