

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.129.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕПЛОФИЗИКИ ИМ. С.С. КУТАТЕЛАДЗЕ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 19.04.2023 № 11/2023

О присуждении Мокрину Сергею Николаевичу, гражданину Российской Федерации,
учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Пределы горения бедных смесей газов во встречных потоках» по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 28.12.2022, протокол № 26-2/2022 диссертационным советом 24.1.129.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 1, приказы Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк, от 03.06.2021 № 561/нк.

Соискатель Мокрин Сергей Николаевич, 08.07.1990 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности заведующего лабораторией микрогорения Департамента энергетических систем Политехнического института Дальневосточного федерального университета. В 2013 году соискатель окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» по направлению «Прикладная математика и информатика», в 2017 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Диссертация выполнена в Департаменте энергетических систем Политехнического института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет». Научный руководитель: доктор физико-математических наук Минаев Сергей Сергеевич – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, высококвалифицированный старший научный сотрудник лаборатории нелинейной динамики и теоретической биофизики (основное место работы); Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук,

ведущий научный сотрудник Центра вычислительных и информационных исследований (совместитель).

Официальные оппоненты:

Киверин Алексей Дмитриевич – доктор физико-математических наук, ФГБУН Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, заведующий лабораторией вычислительной физики;

Касимов Аслан Рамазанович – PhD, АНОО ВО «Сколковский институт науки и технологий», доцент Центра по энергопереходу - дали положительные отзывы на диссертацию Мокрина Сергея Николаевича.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (далее – МГУ) в своем положительном заключении, подписанном Смирновым Николаем Николаевичем - доктором физико-математических наук, профессором, заместителем заведующего кафедрой газовой и волновой динамики механико-математического факультета МГУ и Ивановым Александром Олеговичем - доктором физико-математических наук, профессором, заместителем декана механико-математического факультета МГУ, указала, что «Практическая ценность диссертационной работы С.Н. Мокрина определяется тем, что предложенные в работе модели и методы их анализа могут найти применение в дальнейших теоретических и численных исследованиях широкого класса задач теории горения газов. Результаты исследования устойчивости растяженных пламен позволяют дополнить теорию диффузионно-тепловой неустойчивости пламени и способствуют развитию фундаментальной теории горения. Экспериментальные и численные данные о пределах существования бедных пламен могут найти применение в области пожаро- и взрывобезопасности».

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 работ, все - в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. В опубликованных работах получены результаты теоретических и экспериментальных исследований структуры растяженных пламен вблизи пределов их существования, определены области неустойчивого горения. В диссертации не содержится недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах. Вклад автора состоял в выполнении основного объема исследований, изложенных в диссертационной работе, включая разработку математических моделей, выполнение численных расчетов, постановку и проведение экспериментов, обработку и анализ полученных результатов.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации Мокрина Сергея Николаевича:

1. Mokrin S.N., Odintsov E.S., Uriupin G.V., Tezuka T., Minaev S.S., Maruta K. Flammability limit of moderate- and low-stretched premixed flames stabilized in planar channel // Combustion and Flame. – 2017. – Vol. 185. – P. 261–264.

2. Fursenko R., Mokrin S., Minaev S., Maruta K. Diffusive-thermal instability of stretched low-Lewis-number flames of slot-jet counterflow burners // Proceedings of the Combustion Institute. – 2017. – Vol. 36, Issue 1. – P. 1613–1620.

3. Fursenko R., Mokrin S., Minaev S. Stationary combustion regimes and extinction limits of one-dimensional stretched premixed flames in a gap between two heat conducting plates // Proceedings of the Combustion Institute. – 2019. – Vol. 37, Issue 2. – P. 1655–1661.

На автореферат диссертации поступило 4 отзыва. Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что исследование является законченным и выполнено на высоком научном уровне, тема работы является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной и способствуют развитию теории горения газофазных пламен.

В отзыве на автореферат д.т.н. Мазного А.С. - ведущего научного сотрудника Научно-исследовательского отдела структурной макрокинетики ФГБУН Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, содержится семь замечаний: «1. Имеются опечатки: «необходимо решения» (стр.8), «ячеистого» (стр.9), «синим цветом на соответствует» (стр.10), «температура в единица» (стр.11), «увеличение сила Пекле» (стр.20), на рисунке 12 вместо « a_1 » написано « a_i », в подписи к Рисунку 12 лишней является фраза «и температуры (снизу)»; 2. В предложении «Результаты теоретического анализа (рис. 8) качественно согласуются с результатами численного моделирования (рис. 8)» неверно даны ссылки на один и тот же рисунок; 3. Нет единообразия в использовании знаков препинания и математических символов, например: целая и дробная часть могут разделяться и запятой и точкой, знаки «—» и «-» взаимозаменяемо используются и как дефисы и как «минус», обозначения переменных могут быть выполнены как прямым шрифтом, так и курсивом; 4. На рисунке 2 на графики зависимостей нанесены горизонтальные и вертикальные риски, смысл которых не поясняется в тексте; 5. Не ясно для чего приведены переводы на английский язык названий режимов горения на странице 20, тем более что они успешно использовались без перевода ранее по тексту. Например, термин «слабое пламя» впервые встречается на 10 странице; 6. На рисунке 10 приведены экспериментальные данные других авторов, при этом в тексте автореферата сравнение с ними не обсуждается; 7. По тексту автореферата имеются ссылки на литературные источники, при этом нет списка использованной литературы».

В отзыве на автореферат к.ф.-м.н. Князькова Д.А. – старшего научного сотрудника лаборатории кинетики процессов горения ФГБУН Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук содержится четыре замечания: «1. Автору не мешало бы пояснить, почему ему не удалось

исследовать режимы горения при $a < 10 \text{ с}^{-1}$ (см. рис. 10)? 2. Кроме того, не совсем ясно, что подразумевается под терминами «колебания» (пульсации) пламени? Изменяется ли при этом структура фронта пламени, или он остается плоским, но происходят колебания его положения в канале? 3. Следует также отметить, что в тексте автореферата встречаются опечатки и пунктуационные ошибки. 4. Кроме того, обращает на себя внимание небрежности, которые допустил автор при написании текста автореферата. В частности, определение коэффициенту (параметру) растяжения $a = V_0/L$ он приводит на стр. 16 автореферата, и читатель должен догадаться, что под этим термином также подразумевается градиент скорости a ».

В отзыве на автореферат к.ф.-м.н. Терешко Д.А. – заместителя директора по научной работе ФГБУН Института прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук содержится два замечания: «1. В автореферате нет определения коэффициента растяжения и не сказано, какое пламя называется растяженным. 2. При описании глав, посвященных численному моделированию, не указано, какое программное обеспечение использовалось для расчетов. Написал ли автор программы самостоятельно или использовались готовые программные пакеты».

В отзыве на автореферат к.ф.-м.н. Серещенко Е.В. – высококвалифицированного старшего научного сотрудника ФГБУН Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук содержится три замечания: «1. При описании результатов второй главы диссертации, где дано описание параметра h , используется обозначение T_a , а его описание дано только на стр. 11. Также не понятно, как определяется параметр A (вычисляется по формуле или подбирается для данной системы). 2. Не приведены граничные условия на фронте пламени, используемые при аналитическом исследовании. 3. Имеется незначительное количество опечаток и пропусков слов. Так, например, на стр. 10 пропущена ссылка на рисунок «Ветка (а), выделенная синим цветом на ... соответствует устойчивому...».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в областях науки, непосредственно связанных с темой диссертации. Ведущая организация является одним из лидеров в области исследования процессов горения, в ней работают специалисты, которые могут дать полноценную экспертную оценку научной и практической значимости результатов работы (д.ф.-м.н., академик РАН Нигматулин Р.И., д.ф.-м.н. Смирнов Н.Н., д.ф.-м.н. Звягин А.В., к.ф.-м.н. Никитин В.Ф. и др.). Официальные оппоненты д.ф.-м.н. Киверин А.Д. и PhD Касимов А.Р. являются признанными специалистами в области механики жидкости, газа и плазмы, в частности, в вопросах горения газофазных пламен. Оппоненты имеют научные работы в области, изучению которой посвящена диссертационная работа, опубликованные в рецензируемых научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований в рамках упрощенной диффузионно-тепловой модели распространения предварительно перемешанного растяженного пламени впервые был выполнен линейный анализ устойчивости стационарных решений к малым пространственным возмущениям. Было выполнено численное моделирование пространственных структур растяженного пламени вблизи пределов существования. Автором была разработана и запатентована щелевая противоточная горелка, что позволило впервые экспериментально исследовать пределы существования и режимы горения двойных растяженных противоточных метано-воздушных пламен при малых расходах (коэффициент растяжения $\alpha < 30 \text{ с}^{-1}$) горючей смеси в условиях земной гравитации. Была разработана двухтемпературная математическая модель, описывающая двойные растяженные пламена предварительно перемешанных смесей газов, стабилизированных в плоском канале с теплопроводящими стенками.

Теоретическая значимость работы связана с тем, что предложенные в работе модели и методы их анализа могут найти применение в дальнейших теоретических и численных исследованиях широкого класса задач теории горения газов. Результаты исследования устойчивости растяженных пламен позволяют дополнить теорию диффузионно-тепловой неустойчивости пламени и способствуют развитию фундаментальной теории горения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные экспериментальные данные и закономерности о пределах существования бедных пламен могут найти применение в области пожаро- и взрывобезопасности. Предложенная экспериментальная методика исследования слаборастяженных пламен позволит восполнить недостаток знаний о структуре пламени. Полученные результаты могут быть использованы при разработке компактных горелочных устройств в энергетике, химической технологии и в системах прямого преобразования энергии. Представленные в диссертационной работе результаты могут найти применение в научных и образовательных учреждениях, выполняющих исследования по данной теме, таких как ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГБУН Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», ФГБУН Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук и в других организациях.

Достоверность результатов исследования обеспечивается корректностью применяемых математических моделей, строгой постановкой задач и соответствием полученных результатов с имеющимися в литературе результатами теоретического

анализа, численного моделирования и экспериментальных исследований. Достоверность результатов исследования подтверждена воспроизводимостью полученных данных. Полученные результаты согласуются с современными представлениями об изучаемых процессах, находятся в качественном и количественном соответствии с литературными данными.

Личный вклад соискателя состоит в том, что соискателем лично выполнен основной объем исследований, изложенных в диссертационной работе, включая разработку математических моделей, выполнение численных расчетов, постановку и проведение экспериментов. Все экспериментальные данные, включенные в диссертацию, обработка экспериментальных данных, их анализ выполнены соискателем лично. Постановка теоретических и экспериментальных задач исследования и выбор методов решения и измерений проведены соискателем совместно с научным руководителем д.ф.-м.н. С.С. Минаевым.

Диссертационным советом 24.1.129.01 сделан вывод о том, что диссертация Мокрина Сергея Николаевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача о теоретическом и экспериментальном исследовании пределов горения бедных смесей газов во встречных потоках, имеющая значение для развития теории горения. Представленная диссертационная работа соответствует критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013.

На заседании 19 апреля 2023 года диссертационный совет 24.1.129.01 принял решение присудить Мокрину Сергею Николаевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по профилю специальности 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали за присуждение ученой степени – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

И.о. председателя
диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Ученый секретарь
диссертационного совета
профессор РАН



О.В. Шарыпов

В.В. Терехов

19 апреля 2023 года