

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 15.11.2023 № 22/2023

О присуждении Толстогузову Роману Владимировичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Экспериментальное исследование структуры импактной струи с закруткой и горением» по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 15.08.2023, протокол № 18-2/2023 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 Толстогузов Роман Владимирович, 07.04.1994 года рождения, на момент защиты диссертации работает в должности инженера в лаборатории суперкомпьютерных вычислений и искусственного интеллекта в энергетических технологиях в ИТ СО РАН. В 2018 году соискатель с отличием окончил магистратуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению 03.04.02 Физика, в 2022 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, по специальности 1.3.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Диссертация выполнена в научно-исследовательской лаборатории физических основ энергетических технологий (№ 7.4) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Научный руководитель – Дулин Владимир Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им.

С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физических основ энергетических технологий.

Официальные оппоненты:

Гурьянов Александр Игоревич, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, и. о. директора института «Авиационных технологий и инженерной физики»;

Литвиненко Юрий Алексеевич, доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник лаборатории «Аэрофизических исследований дозвуковых течений» -

дали положительные отзывы на диссертацию Толстогузова Романа Владимировича.

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ), г. Санкт-Петербург в своем положительном заключении, подписанном Сапожниковым Сергеем Захаровичем – доктором технических наук, профессором, профессором Высшей школы атомной и тепловой энергетики СПбПУ, директором научно-образовательного центра «Теплофизика в энергетике» и Митяковым Владимиром Юрьевичем – доктором технических наук, профессором, профессором Высшей школы атомной и тепловой энергетики СПбПУ, указала, что «Практическая значимость диссертационной работы Р.В. Толстогузова определяется тем, что полученные автором результаты экспериментальных исследований значительно расширяют существующие знания о структуре импактных струй с горением. Эти данные могут стать основой для разработки эффективных методов управления теплообменом и горением в энергетических установках. Представленные обширные и детальные данные о распределениях скорости, температуры и отдельных компонентов продуктов горения полезны для верификации и апробации численных моделей и аналитических подходов в рассматриваемой области. Представленные в диссертации результаты могут найти применение в образовательных и научных учреждениях, проводящих исследования и разработки по данной тематике, таких как СПбПУ, ИТ СО РАН, МЭИ, МГТУ, НГТУ, ИТМО БАН, МГУ и в ряде других организаций».

Соискатель имеет 32 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации - 18 работ, среди которых один патент на изобретение, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, опубликовано 14 работ, общим объемом 90 страниц. В опубликованных работах содержатся результаты экспериментальных исследований структуры потока импактной струи с закруткой и горением. Представлены результаты

измерений поля скорости, температуры и отдельных химических компонент в пламени, а также результаты численного моделирования спектра флуоресценции молекул ОН. В диссертации недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах не содержится. Вклад автора состоял в подготовке и проведении всех представленных в работах экспериментов и численных расчетов, анализе и интерпретации результатов, подготовке текста статей для публикаций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации Толстогузова Романа Владимировича:

1. Dulin V.M., Sharaborin D.K., Tolstoguzov R.V. Assessment of single-shot temperature measurements by thermally-assisted OH PLIF using excitation in the $A_2\Sigma^+-X_2\Pi$ (1-0) band // Proceedings of the Combustion Institute. – 2021. – V. 38, №1. – P. 1877–1883 (из перечня ВАК).
2. Шараборин Д.К., Толстогузов Р.В., Дулин В.М. Маркович Д.М. О структуре импактной струи с закруткой потока и горением // Физика горения и взрыва. – 2020. – Т. 56, № 2. – С. 10–16 (из перечня ВАК).
3. Лобасов А.С., Толстогузов Р.В., Шараборин Д.К., Чикишев Л.М., Дулин В.М. Об эффективности использования различных линий возбуждения перехода (1–0) флуоресценции ОН для панорамной термометрии // Теплофизика и аэромеханика. – 2021. – Т. 28, № 5. – С. 793–797 (из перечня ВАК).

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов. 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 восполнению пробелов в области исследования импактных пламен, в том числе с закруткой потока.

В отзыве на автореферат Лободы Е.Л., д.ф.-м.н., доцента, заведующего кафедрой физической и вычислительной механики ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», замечаний не содержится.

В отзыве на автореферат Кулалаева В.В., к.т.н., доцента, главного специалиста отдела перспективных разработок, «Опытно-конструкторское бюро имени А. Люльки» - филиал ПАО «ОДК – Уфимское моторостроительное производственное объединение», содержится четыре замечания: «1. В автореферате не указаны объект – процессы и предмет – методы исследований, что затрудняет понимание логики работы в целом (хотя автором указано, что такие данные есть в введении текста диссертации). 2. Судя по данным автореферата, в диссертации не указаны и не проанализированы погрешности измерений экспериментальных данных. 3. Заключение диссертации носит описательный характер без акцента на применимость полученных новых научных результатов на

практике, без конкретных рекомендаций их применения. 4. В автореферате замечено несоответствие, так на стр. 6 указаны 18 работ, включая 13 статей в научных журналах, рекомендованных ВАК, а на стр. 22 уже 14 работ».

В отзыве на автореферат Шмакова А.Г., д.х.н., заведующего лабораторией кинетики процессов горения ФГБУН Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, содержится десять замечаний: «1. При перечислении целей работы отсутствует упоминание о развитии и использовании метода ПЛИФ формальдегида, хотя в выносимых положениях и результатах приведены соответствующие данные. 2. В тексте автореферата часто используется термин «лобовая» точка, по всей видимости являющегося жаргонным выражением – более правильно было бы использовать термин «фронтальная» точка. 3. На странице 8 указано, что в работе изучены различные виды топлив: «метан, пропан, пары и капли этанола». Известно, что в пламенах углеводородных топлив и спиртов концентрация таких промежуточных продуктов, как оксигенаты, к которым относится формальдегид, может значительно отличаться при прочих одинаковых параметрах (коэффициент избытка топлива, начальная температура, доля инертного газа-разбавителя). Поэтому с точки зрения верификации численных моделей было бы важно получение информации о полях концентрации формальдегида в пламенах углеводородов и этанола, однако в автореферате приведены данные только для метана и пропана, а результаты измерения структуры пламени этанола не обсуждаются. 4. В тексте реферата символ «ф» используется как для обозначения коэффициента избытка топлива (рис 3А), так и для обозначения ортогональной пространственной функции (моды). 5. На рисунке 4Б поле температуры вблизи кончика пламени имеет немонотонное поведение вдоль его оси, наблюдается локальный минимум на расстоянии 0.5 мм от вершины пламени, в то время как на рис 4А такой эффект отсутствует. По всей видимости этот минимум является артефактом обработки результатов измерений в случае ПЛИФ ОН для двух линий возбуждения. 6. На Рисунке 5 приведено сопоставление полученных в данной работе профилей температуры с литературными данными из работы (Sharaborin D.K. et al, 2018) и указано, что два эти набора данных приведены для горизонтального сечения на $\frac{1}{2}$ высоты конуса пламени. При этом на рисунке 5 (справа) указано расстояние от среза горелки 22.5 мм, что близко к высоте конуса пламени, соответствующего рисунку 4 – 25 мм. В связи с этим непонятно, на какой же высоте было измерено радиальное распределение температуры, соответствующее красной кривой на рисунке 5? Также на рисунке 5 отсутствует обозначение оси x графика, которое, видимо, соответствует расстоянию от оси пламени. 7. На рисунке 7 отсутствует обозначения приведенных кривых. 8. На рисунке 8 приведены поля температуры в одном и том же пламени, измеренные с помощью различных

вариантов ПЛИФ ОН. Обращает на себя внимание различная кривизна фронта пламени, полученная в этих двух случаях. С случае ПЛИФ ОН на основе термической активации кривизна пламени вблизи его вершины меньше, чем в случае ПЛИФ ОН для двух линий возбуждения. С чем может быть связано такое различие? 9. На рисунке 9 приведены профили температуры для трех различных значений H/d , причем максимальная температура наблюдается для $H/d=2$. В то же время в тексте указано, что с увеличением расстояния от среза сопла до охлаждаемой преграды локальный теплообмен снижается. Поэтому логично было бы ожидать, что в случае $H/d=3$ максимальная температура пламени должна быть выше, чем в случае $H/d=2$, так как потери тепла из пламени при $H/d=3$ меньше, чем при $H/d=2$, однако это не согласуется с данными на рисунке 9. В чем причина такого несоответствия? 10. На странице 17 указано, что «...зона рециркуляции проникает в сопло». Однако это утверждение не очевидно из рисунка 11, на котором приведены поля скоростей, измеренные только в области над соплом, т.е. внутри сопла характеристики потока не приведены».

В отзыве на автореферат Яновского Л.С., д.т.н., профессора, начальника отдела Двигатели и химмотология ФАУ «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова», и Байкова А.В., к.т.н., начальника сектора теплофизики отдела Двигатели и химмотология ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», содержится одно замечание: «В качестве замечаний по работе можно отметить отсутствие привязки исследуемых объектов к конкретным техническим объектам, в которых предполагается их использование. В материалах, представленных в автореферате, не показано, для каких условий важны эффекты импактного взаимодействия горячей струи с твердой преградой».

В отзыве на автореферат Лукачева С.В., д.т.н., профессора, заведующего кафедрой Теплотехника и тепловые двигатели ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» и Диденко А.А., к.т.н., доцента кафедры Теплотехника и тепловые двигатели ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», содержится четыре замечания: «1. В автореферате и в диссертации не представлен рисунок в техническом исполнении со схемой экспериментального стенда и лазерно-оптической установкой. Не указаны диапазоны и погрешности измерения стендовых параметров, не указаны модели измерителей физических параметров. 2. В диссертации отсутствует сравнение получаемых результатов с помощью отработанных или используемых автором методов ОН-PLIF, CH_2O -PLIF и 2D PIV с результатами российских и зарубежных исследований для ламинарного и турбулентного пламени в струях, в т.ч. с закруткой потока. 3. В промышленных приложениях, в частности в авиационном двигателестроении, устройств с закруткой потока и с пламенем, в частности для

воздушных завихрителей, устоялось применение терминов «лопатки» и «лопаточный завихритель», но не «лопасти» или «лопастной завихритель». 4. На рисунке 1.2.2 (с. 31 диссертации) представленные в ряд осевые завихрители названы, ошибочно, тангенциальными».

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.т.н., Сапожников С.З., д.т.н. Митяков В.Ю. и др.). Официальные оппоненты: д.т.н. Гурьянов А.И. и д.ф.-м.н. Литвиненко Ю.А. - являются признанными специалистами в области теплофизики и теоретической теплотехники, в частности, в вопросах структуры потока струй с горением. 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 с использованием оптических методов измерений пространственного распределения скорости и температуры в потоке впервые проведена детальная апробация метода ПЛИФ ОН для измерения поля температуры на основе термической активации и показано, что размещение холодной преграды напротив бунзеновского пламени приводит к формированию застойной зоны, снижающей интенсивность локального теплообмена в окрестности лобовой точки. Впервые установлено, что для пламен, стабилизированных закруткой, при размещении холодной преграды на расстоянии в несколько калибров может усиливаться дополнительная мода гидродинамической неустойчивости, сопряженная с локальными пульсациями тепловыделения и снижением эффективности сжигания. В результате исследований получен значительный объем новых экспериментальных данных и обнаружены указанные выше новые физические эффекты в импактных пламенах с закруткой потока, что позволило дополнить имеющиеся научные данные о характеристиках исследуемых течений.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что развитие и применение комплекса экспериментальных методов дополняют и расширяют существующие знания о структуре импактных пламен, в том числе с закруткой потока, а реализованные современные оптические методы регистрации теплофизических параметров реагирующих течений, таких как поле температуры и его градиент, пульсации локального тепловыделения, могут быть распространены на широкий класс задач теплофизики. С помощью метода анемометрии по изображениям частиц и плоскостной лазерно-индуцированной флуоресценции получены принципиально новые данные о структуре

потока импактной струи с горением и закруткой, что является критически важным для понимания особенностей влияния поверхности на процессы химического реагирования в пламени.

Значимость полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что панорамные оптические методы могут быть использованы для оптимизации работы горелочных устройств на основе измерений в лабораторных и натуральных условиях. Полученные результаты могут быть востребованы для разработки эффективных методов управления теплообменом и горением, обеспечивающих повышение надежности и производительности энергетических установок. Безусловную важность полученные данные имеют для верификации численных моделей и теоретических подходов к анализу рассматриваемых течений. Представленные в диссертационной работе результаты могут найти применение в научных и образовательных учреждениях, выполняющих исследования по данной теме, таких как ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский университет "МЭИ", ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», ПАО «ОДК-Сатурн», АО «ОДК-Авиадвигатель» и в ряде других организаций.

Представленные в диссертации результаты являются достоверными, что обеспечивается применением отлаженных современных оптических методов и использованием альтернативных методов измерения, получением данных в рамках калибровок и проведением анализа неопределенностей, сопоставлением с теоретическими и экспериментальными данными других авторов.

Соискатель лично получил научные результаты, которые включены в диссертацию и представлены для защиты. Вклад автора заключается в создании экспериментальных установок и рабочих участков, проведении всех экспериментов, описанных в работе, разработке и проверке комплекса численных алгоритмов для анализа полученных экспериментальных данных, проведении численного моделирования, а также в обработке и анализе результатов. Автор принимал участие в подготовке статей для публикации в рецензируемых журналах и участвовал в научных конференциях. Постановка задачи и основные выводы исследования были сформулированы при обсуждении с научным руководителем д.ф.-м.н. Дулиным В.М.

Диссертационным советом 24.1.129.01 сделан вывод о том, что диссертация Толстогузова Романа Владимировича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача о физическом моделировании процессов

переноса в реагирующих импактных струях на основе применения панорамных оптических методов, имеющая существенное значение для развития теплофизики реагирующих течений. Представленная диссертационная работа соответствует критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013.

На заседании 15 ноября 2023 года диссертационный совет 24.1.129.01 принял решение присудить Толстогузову Роману Владимировичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по профилю специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника (физико-математические науки), 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.



Шарьпов Олег Владимирович

Ученый секретарь
диссертационного совета
профессор РАН

Терехов Владимир Викторович

15 ноября 2023 года