

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.125.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 20.01.2023 № 3

О присуждении Ваньковой Ольге Сергеевне, гражданке РФ, учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Математическое моделирование воспламенения и стабилизации горения в предварительно не перемешанных водородно-воздушных потоках при сверхзвуковых скоростях» по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 30 сентября 2022 г. (протокол № 4) диссертационным советом 24.1.125.01 (Д003.035.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИТПМ СО РАН), ул. Институтская, 4/1, Новосибирск, 630090, утвержденным приказом Рособнадзора от 16.11.2007 г. №2249-1603 и продлением срока полномочий приказом Минобрнауки России от 10.09.2009 (№591925-1734), подтверждением полномочий от 11.04.2012 (№105/нк) и изменениями от 08.06.2016 (№ 661/нк), от 3.08.2018 (№59/нк) и от 12.09.2022 (№1215/нк).

Соискатель Ванькова Ольга Сергеевна, 1991 года рождения, окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению подготовки 24.04.03 «Баллистика и гидроаэродинамика»; в 2021 году закончила аспирантуру ФГБУН ИТПМ СО

РАН по направлению подготовки 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, работает младшим научным сотрудником в ФГБУН ИТПМ СО РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории волновых процессов в ультрадисперсных средах ФГБУН ИТПМ СО РАН.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Федорова Наталья Николаевна, ведущий научный сотрудник лаборатории волновых процессов в ультрадисперсных средах ФГБУН ИТПМ СО РАН.

Официальные оппоненты:

Терехов Владимир Викторович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, заведующий лабораторией термогазодинамики ФГБУН Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук;

Большова Татьяна Анатольевна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории кинетики процессов горения ФГБУН Института химической кинетики и горения Сибирского отделения Российской академии наук

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»)

в своем положительном отзыве, подписанном Чевагиным Александром Федоровичем, кандидатом технических наук, доцентом, начальником отдела силовых установок ФАУ «ЦАГИ», Власенко Владимиром Викторовичем, доктором физико-математических наук, доцентом, заместителем начальника лаборатории №14 отделения аэродинамики силовых установок ФАУ «ЦАГИ», указала, что «диссертация является законченным научным исследованием, выполненном на хорошем уровне и убедительно демонстрирующим квалификацию автора по указанной тематике. Работа полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых

степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 год, а ее автор, Ванькова Ольга Сергеевна, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – механика жидкости, газа и плазмы».

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 27 работ, из них 5 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, и 9 статей в международных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science. Все результаты, представленные в работе, получены автором или при его непосредственном участии. Авторский вклад составляет около 70%. Наиболее значимые результаты диссертации изложены в публикациях:

1. Ванькова О.С., Федорова Н.Н. Моделирование воспламенения и горения спутной водородной струи в сверхзвуковом потоке воздуха // Физика горения и взрыва. 2021. Т. 57. №4. С. 18–28.
2. Ванькова О.С., Федорова Н.Н. Воспламенение холодной водородной струи в спутной коаксиальной струе горячего влажного воздуха при истечении в затопленное пространство // Теплофизика и аэромеханика. 2021. Т. 28. №6. С. 935–950.
3. Федорова Н.Н., Ванькова О.С. Влияние параметров внешней среды на воспламенение и горение сверхзвуковой водородной струи, истекающей в затопленное пространство // Физика горения и взрыва. 2022. Т. 58. №3. С. 19–31.
4. Федорова Н.Н., Ванькова О.С., Гольдфельд М.А. Нестационарные режимы воспламенения и стабилизации горения водорода в канале // Физика горения и взрыва. 2022. Т. 58. №2. С. 3–11.

В [1] представлены результаты тестирования расчетной модели на экспериментальных данных Бэрроуза-Куркова (1973 г.) о воспламенении

водородной струи, инжектируемой параллельно сверхзвуковому воздушному потоку в плоском канале. В [2, 3] описаны результаты моделирования осесимметричных коаксиальных струй водорода и воздуха, истекающих в затопленного пространство в условиях эксперимента Козна и Гиля (1969 г.). Расчеты показали хорошее количественное и качественное совпадение с экспериментальными данными и также позволили изучить влияние параметров внешней среды и воздушной струй. Работа [4] посвящена численному моделированию трехмерных нестационарных реагирующих течений в условиях экспериментов, выполненных в импульсной аэродинамической установке ИТПМ СО РАН. Проведено сравнение с экспериментальными данными по распределению статического давления на стеках канала в разные моменты времени. Впервые численно получены все наблюдаемые в эксперименте режимы нестационарного горения, а также режим теплового запираания канала.

На диссертацию поступили отзывы:

Официального оппонента д.ф.-м.н. Терехова В.В. Указано, что диссертация «представляет собой законченную научно-исследовательскую работу по актуальной тематике и содержит новые научные и практически значимые результаты, полученные в значительном объеме и с использованием современных методов математического моделирования. Полученные результаты соответствуют поставленным целям и задачам». Замечания:

1. Недостаточно строго изложены уравнения математической модели.
2. Отсутствуют оценки отличий между полученными в расчетах осредненными по Фавру величинами и осредненными по Рейнольдсу экспериментальными данными.
3. Нечетко обоснован выбор моделей турбулентности и турбулентной скорости химических реакций.
4. Неясна методология получения «стационарного» решения.

Официального оппонента к.ф.-м.н. Большовой Т.А. Указывается, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, по

актуальности, научной значимости, практической ценности и другим показателям соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней».

Замечания:

1. Только три из четырех использованных в работе детальных кинетических механизмов подробно описаны и протестированы по времени задержки воспламенения.
2. Не описан состав смесей на рис. 2.1.
3. Не указана точность экспериментальных данных, используемых для сравнения.
4. Не описаны методы инициирования горения в расчетах.

Ведущей организации ФАУ «ЦАГИ». Отмечается, что «результаты диссертации получены автором самостоятельно, имеют научную ценность и обладают новизной. Диссертация является законченным научным исследованием, выполненным на хорошем уровне и убедительно демонстрирующим квалификацию автора». Даны рекомендации по использованию результатов диссертации. Замечания:

1. Опечатки и неточные формулировки в тексте.
2. Некорректное описание волновой структуры течения в эксперименте Бэрроуза-Куркова.
3. Сомнительность выводов автора о роли нестационарных вихревых структур типа неустойчивости Кельвина-Гельмгольца в двумерных расчетах реагирующих струй.

На автореферат поступили отзывы:

Д.т.н. профессора Саленко С.Д., к.т.н. Телковой Ю.В., к.ф.-м.н. доцента Гостеева Ю.А. (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский государственный технический университет). Отзыв положительный. Замечания:

1. Использование пакета прикладных программ нельзя относить к новизне работы.
2. Практическая значимость работы шире, чем указано в автореферате.

3. Выводы носят преимущественно «расчетный» характер.
4. Не указано, проверялась ли сходимость результатов нестационарных расчетов по временному шагу.
5. Не приведена формула для давления Пито.

Д.ф.-м.н. Киверина А.Д. и к.ф.-м.н. Яковенко И.С. (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук). Отзыв положительный.

Замечания:

1. Практическая значимость полученных результатов шире, чем указано в автореферате.
2. Не использованы современные кинетические схемы, доступные в периодической литературе и на интернет-ресурсах.
3. Непонятно, почему для определения времени задержки воспламенения использована одномерная, а не нульмерная постановка задачи.
4. Не указано, предусматривает ли модель воздействия электронного пучка локальный разогрев среды.

К.ф.-м.н. Скибиной Н.П. (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»). Отзыв положительный. Замечания:

1. Не обоснован выбор модели турбулентности, нет сравнения с другими моделями.
2. Не указано, использована ли адаптация сетки в процессе решения нестационарных задач.
3. В качестве разделительного знака использованы и точка, и запятая.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются признанными высокопрофессиональными специалистами в области газовой динамики, теплофизики и химической кинетики, а ведущая организация – один из крупнейших научных центров фундаментальных прикладных исследований

по аэротермодинамике, газовой динамике, разработке численных методов и программного обеспечения и другим областям науки и техники.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана вычислительная технология для моделирования нестационарных турбулентных высокоскоростных реагирующих течений.

Функционал пакета ANSYS Fluent расширен путем внедрения в него детальных кинетических схем горения водорода, пользовательских функций и выражений для реализации нестационарных краевых условий;

проведена детальная верификация кинетических схем и расчётного алгоритма на экспериментальных данных различных авторов, получено хорошее качественное и количественное согласование по широкому набору параметров. Впервые выполнено детальное сравнение результатов расчета с данными экспериментов Коэна и др. (1969), в условиях которого дополнительно исследовано влияние внешних параметров на структуру сверхзвуковой горячей водородной струи;

выполнены расчетные исследования, проведено сопоставление с экспериментальными данными полученными в высокоэнтальпийной импульсной аэродинамической установке. Полученная в расчете подробная информация о параметрах потока позволила детально изучить процессы смешения, самовоспламенения смеси и стабилизации пламени при сверхзвуковых скоростях потока. Впервые в расчете получены все наблюдающиеся в эксперименте стадии нестационарного горения, а также режим с выходом волны горения в зону инжекции («тепловое запираание канала»).

Теоретическая значимость исследований состоит в том, что полученные в работе данные вносят вклад в обоснование расчетных методик для исследования нестационарных процессов смешения, воспламенения и стабилизации горения водорода в воздухе при высоких скоростях потока.

Полученные результаты **актуальны** для развития современных технологий водородной силовой энергетики и могут быть использованы как в поисковых фундаментальных исследованиях, направленных на поиск новых методик стабилизации горения, так и при изучении специальных разделов гидрогазодинамики студентами старших курсов и аспирантами.

Достоверность результатов исследования основана на том, что в работе использован современный программный комплекс, прошедший детальное тестирование как разработчиками, так и автором диссертационной работы, который верифицировал данные расчетов на большом наборе экспериментальных данных. Для всех исследованных конфигураций проведено исследование сеточной сходимости численных результатов. Все представленные численные данные дают целостную и непротиворечивую картину изучаемых явлений.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии во всех исследуемых задачах; тестировании кинетических схем горения водорода по времени задержки воспламенения; разработке и тестировании методики задания нестационарных условий на входе в канал; верификации численной модели на экспериментальных данных о горении плоской и осесимметричной струй водорода; проведении серии расчетов по воспламенению предварительно перемешанной стехиометрической водородно-воздушной смеси в каналах при энергетическом воздействии; участии в расчетах трехмерных нестационарных течений в каналах в условиях импульсной аэродинамической установки, обработке результатов и анализе режимов горения; подготовке статей в научные журналы и представлении результатов исследований на научных конференциях.

В ходе защиты диссертации председателем Совета академиком В.М. Фоминым высказано **критическое замечание**, касающееся отсутствием в работе безразмерных критериев, которые описывают различные режимы горения в сверхзвуковых течениях в каналах технических устройств.

Соискатель Ванькова О.С. согласилась с замечанием.

На заседании 20 января 2023 года диссертационный совет принял решение за исследования процессов самовоспламенения и стабилизации горения предварительно не перемешанных водородно-воздушных смесей, имеющих важное значение для механики высокоскоростных турбулентных реагирующих течений, присудить Ваньковой О.С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 10 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного
Ученый секретарь
диссертационного



Фомин Василий Михайлович

Гапонов Сергей Александрович

27.01.2023