

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.217.01
на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

"Самарский государственный технический университет"

Министерства образования и науки РФ

по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.06.2017 г. протокол № 3

О присуждении Тизилову Андрею Сергеевичу гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация "Методы и средства управления процессами горения в потоке аэрозвеси частиц алюминия" по специальности 01.04.17 - "Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества" принята к защите 21 апреля 2017 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 212.217.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Самарский государственный технический университет" Министерства образования и науки РФ, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244, приказ №105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Тизилов Андрей Сергеевич, 1988 года рождения, в 2010 году окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тольяттинский государственный университет". В период подготовки диссертации соискатель Тизилов Андрей Сергеевич с 2010 по 2013 гг. являлся аспирантом очной формы обучения по специальности 01.04.07 "Физика конденсированного состояния вещества", работал в управлении докторантуры и аспирантуры федерального бюджетного государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Тольяттинский государственный университет" в должности ведущего специалиста. В настоящее время работает в должности инженера-конструктора в ОАО «Вест-РУ инжиниринг». Диссертация выполнена в научно-образовательном центре «Физика горения энергоемких материалов» ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет». Научный руководитель - доктор технических наук доцент, профессор кафедры «Дизайн и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» Егоров Александр Григорьевич.

Официальные оппоненты: Ассовский Игорь Георгиевич, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией 1312 федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук», г. Москва; Крюков Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры "Инновационные технологии машиностроения" аэрокосмического

факультета федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования "Пермский национальный исследовательский политехнический университет", г. Пермь, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, в своем положительном заключении, подписанном Глазуновым Анатолием Алексеевичем, доктором физико-математических наук, профессором, директором Научно-исследовательского института прикладной математики и механики; и утвержденным Ивониным Иваном Варфоломеевичем, д. ф-м.н., проректором по научной работе, указала, что: диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, новизна полученных результатов подтверждена разработкой способов и устройств, защищённых патентами Российской Федерации на изобретения. Экспериментально установленные новые закономерности распространения пламени в потоке аэрозвеси частиц алюминия, являются основой для развития теории зажигания и горения газодисперсных сред. Разработанные методы и средства управления процессами горения в потоке аэрозвеси частиц алюминия могут быть использованы при разработке и проектировании ракетных двигательных установок на порошкообразном топливе. Результаты исследований по теме диссертационной работы внедрены на отраслевом предприятии при разработке специальной энергетической установки.

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации – 24 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 6.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации: 1. Тизилев А.С. Исследование теплового взрыва в потоке псевдожидкого топлива [Текст] / А.С. Тизилев, А.Г. Егоров, А.И. Сафронов, С.В. Иванин // ВЕСТНИК СГАУ им. академика С.П. Королева. Самара, 2011. №5 (29). С. 88–93. 2. Тизилев А.С. О пределах распространения пламени в потоке алюминиево-воздушной смеси [Текст] / А.С. Тизилев, А.Г. Егоров // Химическая физика. Москва, 2013. Т. 32, № 3. С. 35–38. 3. Тизилев А.С. Исследование влияния закрутки спутного высокоскоростного потока воздуха на геометрические параметры алюминиево-воздушного факела [Текст] / А.С. Тизилев, А.Г. Егоров, В.Я. Ниязов, В.А. Архипов, О.В. Матвиенко // Химическая физика. Москва. 2014. Т. 33. № 10. С. 58–61. 4. Тизилев А.С. Определение границ зажигания аэрозвеси частиц алюминия в высокоскоростном потоке воздуха [Текст] / А.С. Тизилев, А.Г. Егоров // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. КОРОЛЁВА (национального исследовательского университета). Самара. 2015. Т. 14, № 2. С. 70–77.

На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов. Все отзывы положительные, в них отмечается, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой,

соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Тизиллов А.С. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук, по специальности 01.04.17 - "Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества".

1. Отзыв ведущей организации. Замечания: 1. Методика расчёта поля течения двухфазного потока в камере сгорания (глава 3) изложена не полно – не приведены принятые допущения, система уравнений и граничные условия. 2. Расчёт структуры течения в вихревой камере проведены без учёта горения частиц алюминия. В ряде работ, в частности, в статье В.А. Архипова, О.В. Матвиенко, В.Ф. Трофимова выявлено существенное влияние эффекта горения частиц конденсированной фазы на динамику течения. 3. В тексте диссертации не приведена формула расчёта используемого критерия интенсивности закрутки S (стр. 61). По-видимому, это интегральный критерий Хигира-Бэра. 4. На рис. 3.7 представлена картина течения потока аэрозвеси частиц алюминия марки АСД-1 в модели форкамеры с внезапным расширением, полученная скоростной киносъёмкой, а расчёты проведены для порошка АСД-4, дисперсность которого существенно отличается от дисперсности порошка АСД-1. 5. В тексте диссертации не приведена методика определения времени пребывания частиц как в зоне рециркуляции, так и в основном потоке. 6. Следовало бы диссертацию снабдить списком основных обозначений; в тексте диссертации встречаются некорректные формулировки, например, «текучая среда – воздух» (стр. 60) и др.

2. Отзыв официального оппонента, к.т.н., доцента Алексея Юрьевича Крюкова. Замечания: 1. В обосновании необходимости обеспечения коэффициента избытка воздуха $\alpha=1$ в форкамере установки приводится то, что нужно избежать образования нитрида алюминия AlN (с. 44 главы 1, с. глава 2). Однако, это положение неактуально для ракетных двигателей, поскольку в энергоустановках нитрид является всего лишь одним из продуктов сгорания, и в этом случае нужно основываться на его влиянии на удельный импульс. Кроме того, образование нитрида существенно лишь в пределах изменения $0.1 \leq \alpha \leq 0.3$, и после форкамеры в камере сгорания происходит дожигание аэрозвеси при α существенно больше 1. В установках же получения ультрадисперсного оксида Al_2O_3 достаточно выдерживать α больше 0,4 для исключения AlN из продуктов реакции, а для образования нитрида нужно выдерживать низкий α в течение всего времени протекания процесса (например, указанное отражено в публикациях Ягодников Д.А., Сухов А.В., Малинин В.И., Кирьянов И.М. Роль реакции азотирования в распространении пламени по переобогащенным металловоздушным смесям //Вестник МГТУ им. НЭ. Баумана. Сер. Машиностроение. 1990. №1. С. 121-124., А.Ю. Крюков, В.И. Малинин. Математическая модель горения полифракционной аэрозвеси алюминия с учётом реакции азотирования //Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника, 2014, №36 (1). – С. 95-118). 2. Не

систематизированы и не проанализированы подробно результаты влияния начального подогрева воздуха на характеристики процессов горения в экспериментах. Кроме того, следует учитывать разные требования к двигательным установкам, где процесс предварительного подогрева может оказать влияние на выходные параметры, и технологическим установкам получения дисперсного оксида алюминия, где предварительный подогрев, в принципе, не требуется. 3. В исследовании методов управления процессами горения (п. 6.2 главы 6 диссертации) эксперименты по влиянию вдува стационарных и пульсирующих струй воздуха на профиль температур, полноту сгорания и устойчивость горения в форкамере проведены для достаточно низких коэффициентов избытка воздуха $0,23 \leq \alpha \leq 0,4$. В то же время, в работе в целом подчёркивается актуальность и возможность обеспечения значения α в форкамере, близкое к 1 для обеспечения парофазного режима, максимальной температуры и высокой полноты сгорания. Поэтому целесообразность проведения указанных исследований именно в этом диапазоне значений коэффициента избытка воздуха желательно было дополнительно обосновать. 4. Количество глав в диссертации можно было бы сократить на одну, поскольку содержание второй главы имеет описательный характер, и представление экспериментального оборудования и методик проведения исследований логично включить в первую главу отдельным пунктом (при этом включить этот пункт в название главы).

3. Отзыв официального оппонента, д. ф-м. н., заведующего лабораторией 1312 «Физика горения твёрдых топлив» Игоря Георгиевича Ассовского. Замечания: 1. В обзоре литературы не отражены работы по влиянию гравитации на механизм горения свободной одиночной частицы алюминия, выполненные в ИХФ РАН. Результаты этих работ имеют прямое отношение к горению аэрозвесей, поскольку при управлении потоком горящие частицы движутся в условиях переменного обдува газом. 2. В списке публикаций автора отсутствует статья: А.Г. Егоров, А.С. Тизилов, Г.М. Гаглоев «Вихревая камера сгорания для установки газодисперсного синтеза», опубликованная в 2016 г. В 5м томе периодического издания «Космический вызов XXI века», сс. 247-254. Эта статья указывает на прикладное значение рецензируемой диссертационной работы для технологии получения наноструктурных керамических материалов.

4. Отзыв ОАО «Металлист-Самара» г. Самара. Отзыв подписан ведущим конструктором, д.т.н., профессором Юрием Ильичем Цыбизовым и утвержден исполнительным директором ОАО «Металлист-Самара», доктором технических наук, профессором Ю.С. Елисеевым. Замечания: 1. В автореферате отсутствуют данные об особенностях принятой математической модели, использованном пакете программ с принятой моделью турбулентности для расчета алюминиево-воздушного потока и т.д. Отсутствует также комментарий к полученной расчетом структуре течения, приведенной на рисунке 2. 2. Отсутствуют сравнительные характеристики воспламенения и горения порошкообразного алюминия и используемых на практике жидких или газообразных

горючих в камерах сгорания энергетических и технологических установках.

5. Отзыв заместителя директора по научной работе ФГБУН «Институт технической химии Уральского отделения Российской Академии наук» д.т.н., профессора Вальцифера Виктора Александровича. Замечания: 1. Не указан метод определения критического радиуса начального очага зажигания $R_{кр}$. 2. Не указан физический смысл введённого параметра R_0 (рисунок 5). 3. На рисунке 3 целесообразно было бы указать обнаруженную зону рециркуляции и оптимальное место установки свечи зажигания, определённое по результатам экспериментальных исследований. 4. Рисунки 4а и 4б малоинформативны вследствие их небольших размеров.

6. Отзыв старшего научного сотрудника научно-исследовательского отдела ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», д.т.н., профессора Николая Михаловича Барбина. Замечания: 1. Отсутствие результатов подобных исследований с использованием других газов, например, исследование изменения характеристик течения порошкообразного алюминия в потоке азота.

7. Отзыв главного советника ФКП «Государственный казенный научно-испытательный полигон авиационных систем», д.т.н., заслуженного деятеля науки РФ Владимира Яковлевича Ниязова. Замечания: 1. Выводы диссертационной работы представляют собой краткое изложение содержания работы, а не анализ значения полученных результатов.

8. Отзыв заведующего лабораторией горения конденсированных систем ФГБУН «Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук», к.ф.м.н. Олега Григорьевича Глотова. Замечания: 1. Изложение недостаточно сбалансировано. 2. Не хватает минимального описания установки. 3. Не хватает списка обозначений и определений. 4. Как в эксперименте варьировали размер начального очага? 5. Что такое «граница зажигания χ »? 6. Что такое «теория контактной модели»? 7. Какова размерная длина выгорания факела?

9. Отзыв заведующего кафедрой «Реактивные двигатели и энергетические установки» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева» — КАИ, д.т.н., профессора Мингазова Биалал Галавтдиновича. Замечания: 1. Предложенный автором метод управления процессом горения вдувом дискретных управляющих струй в слой смешения зоны циркуляции практически во всем диапазоне исследованных частот пульсаций управляющих струй $f = 250...450$ Гц приводит к снижению полноты сгорания и сужению границ устойчивого горения. 2. Метод основанный на закрутке потока посредством лопаточного завихрителя, широко применяется при организации рабочего процесса в камерах сгорания и не может рассматриваться автором как разработанный непосредственно в данной работе метод управления характеристиками горения алюминиево-воздушных смесей.

10. Отзыв генерального директора ООО «ИВЦ Техномаш», д.т.н., профессора

Серебренникова Сергея Юрьевича. Замечания: 1. В автореферате диссертации не описаны параметры χ , ω и K .

11. Отзыв федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого». Отзыв подписан начальником кафедры «Ракетные топлива, взрывчатые вещества и средства пироматерики» к.т.н., полковником Борисовым Русланом Борисовичем и утвержден ВрИО заместителя начальника академии по учебной и научной работе к.т.н., доцентом полковником А. Моисеенко. Замечания: 1. Отсутствие в автореферате сравнительной оценки сжигаемого в потоке воздуха порошкообразного алюминия с другими источниками тепловой энергии, в том числе по технологии процесса сжигания и другим характеристикам.

12. Отзыв профессора энергетического института ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», д.ф.м.н., доцента Коротких Александра Геннадьевича. Замечания: 1. Для управления процессом горения в форкамере использовался продольный вдув дискретных струй воздуха, однако не исследовался поперечный вдув непосредственно в камеру сгорания технологической установки.

13. Отзыв профессора кафедры «Аэродинамика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», д.т.н., профессора Кураева Анатолия Алексеевича. Замечания: 1. Автор не дает оценки энергетической достаточности процесса сжигания аэрозвеси стандартной свечой поверхностного разряда СПН-4-3Т. 2. В тексте автореферата не оговорен критерий «параметра закрутки потока». 3. Не дается объяснения механизма уменьшения длины факела при наличии закрутки потока.

14. Отзыв профессора кафедры «Теоретическая механика» ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», д.т.н., Матвиенко Олега Викторовича. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области химической физики, горения и взрыва, физики экстремальных состояний вещества, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработан метод управления процессом горения в форкамере с внезапным расширением, основанный на вдуве дискретных струй воздуха в слой смешения зоны рециркуляции; **определен** критический радиус начального очага зажигания и сформулировано условие зажигания в потоке аэрозвесей частиц алюминия; **установлены** закономерности влияния интенсивности турбулентности на развитие очага зажигания;

определены границы устойчивого горения и установлено наличие второго максимума на кривой зависимости скорости срыва пламени от состава смеси.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: методом моделирования **установлены** новые закономерности распространения пламени в потоке аэрозвесей частиц алюминия; **применительно к проблематике диссертации результативно использованы:** модель очагового теплового воспламенения; метод компьютерного моделирования; скоростная киносъемка; метод закрутки спутного потока воздуха; **изложены** рекомендации по практической реализации определения мощности искры зажигания; **изучено** влияние состава смеси на скорость распространения пламени.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: **определены** границы устойчивого горения в высокоскоростном потоке аэрозвеси частиц алюминия; **определен** критический радиус начального очага и условия зажигания в потоке аэрозвеси; **установлены** закономерности влияния интенсивности турбулентности на развитие начального очага зажигания; **определена** область надежного воспламенения и выявлено влияние начальных параметров потока на границы зажигания.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: **для экспериментальных работ** применялось сертифицированное оборудование и высокопроизводительные вычислительные системы и программные средства; **теория** основана на развитии соответствующего раздела физики горения и взрыва; **идея базируется** на совершенствовании метода сжигания порошкообразных металлов в потоке активного газа путем использования новых методов и средств управления процессом горения; **использованы** методы сравнения и сопоставления полученных автором данных с результатами и данными научных исследований, полученных ранее по рассматриваемой тематике; **установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами независимых источников по данной тематике; **использованы** современные программные комплексы для обработки данных большого объема.

Личный вклад соискателя состоит: в подготовке теоретических и экспериментальных исследований, в непосредственном участии соискателя в получении исходных данных в научных экспериментах, в личном участии в апробации результатов исследования, в обработке и интерпретации экспериментальных данных, в подготовке основных публикаций по работе.

На заседании 23 июня 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Тизилу Андрею Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по научной специальности 01.04.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» за решение задачи по разработке методов и средств управления процессами горения в потоке аэрозвеси частиц алюминия, имеющих существенное значение для развития химической физики, в том числе физики горения и взрыва.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 5 докторов технических наук по специальности 01.04.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту - 0, проголосовали: за присуждение ученой степени – 21, против присуждения ученой степени - нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета



Ненашев Максим Владимирович

Секретарь диссертационного совета
23 июня 2017 г.

Майдан Дмитрий Александрович