

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.269.13,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.12.2018 протокол № 116.

О присуждении Шульцу Денису Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование нестационарных процессов безгазового горения гетерогенных систем»

по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества,

принята к защите 17 октября 2018 г. (протокол заседания №111) диссертационным советом Д 212.269.13, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30 приказом Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/НК.

Соискатель Шульц Денис Сергеевич, 1979 года рождения.

В 2003 году соискатель **окончил** государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет» по специальности «Физика кинетических явлений».

В 2015 году **окончил** заочную аспирантуру федерального

государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает ассистентом кафедры технологий электронного обучения в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре математической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, на кафедре технологий электронного обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор **Крайнов Алексей Юрьевич**, профессор кафедры математической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Официальные оппоненты:

Салганский Евгений Александрович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Отдела горения и взрыва Института проблем химической физики Российской академии наук (ИПХФ РАН, г. Черноголовка),

Лапшин Олег Валентинович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Отдела структурной макрокинетики Томского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук (ТНЦ СО РАН, г. Томск),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИПХЭТ СО РАН) (г. Бийск), в своем положительном отзыве, подписанном сотрудниками лаборатории №4 «Физико-химических основ создания энергетических конденсированных систем» Козыревым Н.В., доктором технических наук, начальником лаборатории, Комаровой М.В., кандидатом физико-математических наук, научным сотрудником лаборатории, Вакутиным А.Г., кандидатом технических наук, научным сотрудником лаборатории и утвержденном Сысолятиным С.В., доктором химических наук, профессором, директором ФГБУН ИПХЭТ СО РАН

указала, что по актуальности поставленных задач, объёму и достоверности проведенных исследований, научной и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Шульца Дениса Сергеевича полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённым постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842; автор работы Шульц Денис Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, все они по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах (авторский вклад в основных работах по диссертации составляет от 48 до 70%, общий объем 4,91 условных печатных листов).

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Шульц Д. С. Математическое моделирование СВС процесса в гетерогенных реагирующих порошковых смесях / Д. С. Шульц, А. Ю. Крайнов //

Компьютерные исследования и моделирование. – 2011. – Т. 3, № 2. – С. 147–153;

2. Шульц Д. С. Численное моделирование безгазового горения с учётом гетерогенности структуры и зависимости диффузии от температуры / Д. С. Шульц, А. Ю. Крайнов // Физика горения и взрыва. – 2012. – Т. 48, № 5. – С. 142–147 (*в переводной версии журнала, индексируемой Web of Science: Shults D. S. Numerical simulation of gasless combustion taking into account the heterogeneity of the structure and the temperature dependence of diffusion / D. S. Shults, A. Yu. Krainov // Combustion, Explosion, and Shock Waves. – 2012. – Vol. 48, is. 5. – P. 620–624*);

3. Шульц Д. С. Численное моделирование нестационарного горения безгазовых составов на основе модели диффузионной кинетики / Д. С. Шульц, А. Ю. Крайнов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 9/3. – С. 223–225.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1) ФГБУН «Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН» (г. Новосибирск), отзыв составлен доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником Лаборатории прикладной и вычислительной гидродинамики **Воеводиным Анатолием Фёдоровичем**;

2) ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» (г. Тольятти), отзыв составлен доктором технических наук, доцентом, директором Научно-образовательного центра «Физика горения энергоёмких материалов» **Егоровым Александром Григорьевичем**;

4) ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (г. Ижевск), отзыв составлен доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником лаборатории физико-химической механики **Карповым Александром Ивановичем**;

4) ФГБУН «Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук» (г. Томск), отзыв составлен доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником

лаборатории компьютерного конструирования материалов **Князевой Анной Георгиевной** и кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником лаборатории компьютерного конструирования материалов **Крюковой Ольгой Николаевной**.

5) ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск), отзыв составлен доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой газодинамических устройств **Гуськовым Анатолием Васильевичем**.

6) ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет» (г. Тольятти), отзыв составлен доктором физико-математических наук, доцентом, профессором кафедры «Прикладная математика и информатика» **Сафроновым Александром Ивановичем**;

Все отзывы положительные. Замечания по автореферату: 1) два замечания по поводу опечатки в уравнении (3); 2) Из текста автореферата не совсем понятен алгоритм численного решения задачи (6) – (10). С учётом того, что методика расчёта рекомендуется автором для теоретического анализа нестационарного процесса безгазового горения, её следовало бы представить подробнее; 3) в заключении в пункте 4 сказано, что расчётно-теоретический анализ скорости горения многослойных биметаллических нанопленок показал удовлетворительное согласие значений скорости волны безгазового горения с экспериментальными данными, при этом в тексте автореферата отсутствуют рассчитанные и экспериментальные значения скорости. Эти значения нужно было представить, например, графически и тогда можно было бы судить об удовлетворительном согласии скоростей; 4) не совсем понятен смысл рисунков 6-7 в автореферате. Приведенные поля температуры и концентрации для модели, учитывающей гетерогенность структуры конического образца и плавление одного из компонентов, будут отличаться от соответствующих полей температуры и концентрации известной модели безгазового горения без учёта гетерогенности?; 5) в тексте автореферата сказано, что для решения системы уравнений (11) – (13) проводилось преобразование координат, связанное с

формой образца, при этом полученное в преобразованных координатах уравнение автор не привел; 6) нет пояснения зависимостям, представленным на рисунках 2, 3. Автор лишь констатирует факт того, что зависимости представлены на рисунках; 7) как автор определяет масштаб гетерогенности? 8) требуется пояснить, из каких соображений выбирались параметры разностной сетки при наличии двух существенно различных пространственных масштабов – теплового и диффузионного? 9) требует пояснения фраза: «учет гетерогенности уточняет влияние теплоотдачи на величину скорости безгазового горения». (стр.5); 10) каким образом автор предлагает планировать эксперимент для анализа структуры фронта горения по результатам решения задачи о горении конического образца; 11) в автореферате не представлены иллюстрации, демонстрирующие качественное согласие теоретических и экспериментальных результатов; 12) не указаны экспериментальные результаты других авторов, с которыми проводилось сравнение результатов численного решения предложенной модельной задачи; 13) неясно, какая зависимость - 1 или 2 – скорости горения U от координаты (рис. 4) более достоверно соответствует скорости горения реальных смесей реагентов; 14) из автореферата неясно, как проводилось исследование на сходимость численного решения; 15) из автореферата неясно, образцы каких составов исследовались автором;

В отзывах отмечается, что замечания не снижают научной новизны, актуальности, практической значимости, общей положительной оценки диссертационной работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией специалистов в области химической физики, теории горения, математического моделирования, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана физико-математическая модель нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры с использованием моделей плоских и сферических реакционных ячеек, математическая модель безгазового горения конического образца СВС;

предложена методика численного расчета скорости нестационарного безгазового горения; методика численного расчета распространения волны безгазового горения в коническом образце с учётом гетерогенности структуры и с учётом плавления;

доказано существование зависимости скорости распространения безгазового горения от масштаба гетерогенности структуры СВС состава, влияния теплоотдачи на скорость безгазового горения и величину несгоревшей части конуса;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость учёта гетерогенности структуры в развитии представлений о механизме безгазового горения образцов СВС составов, прогнозировании режима и скорости безгазового горения

применительно к проблематике диссертации результативно использованы классические методы математического моделирования, численные методы решения уравнений в частных производных с применением явных и неявных конечно-разностных схем с получением обладающих новизной результатов;

изложена разработанная автором методика численного решения системы уравнений математической модели безгазового горения с учётом гетерогенности структуры образцов с использованием модели реакционных ячеек;

раскрыта проблема необходимости учёта влияния гетерогенности структуры при нестационарном безгазовом горении для прогнозирования режима горения и скорости безгазового горения, плавления одного из компонентов, теплоотдачи в окружающую среду;

изучены зависимости режимов горения от размеров и формы образцов СВС составов;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика расчета скорости нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры образцов СВС состава, которая может быть использована для определения скорости горения при заданном размере гетерогенной структуры, в том числе для биметаллических наноплёнок;

определены с помощью разработанной методики расчета скорости горения при заданном размере гетерогенной структуры, режимы горения в коническом образце, величина недогоревшей части образца;

создан программный комплекс на основе математической модели нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры с использованием моделей плоских и сферических реакционных ячеек, учитывающих влияние образующегося слоя продукта на диффузию и плавление;

представлены результаты численного моделирования нестационарных процессов безгазового горения конического образца СВС состава с учётом гетерогенности структуры, теплоотдачи, плавления.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

теория базируется на современных представлениях о механизме стационарного и нестационарного безгазового горения, фундаментальных основах метода СВС;

идея базируется на использовании представлений о механизме стационарного и нестационарного безгазового горения, описанных в научной литературе; на подходах, принятых в теории безгазового горения и математического моделирования; на известных из публикаций результатах экспериментальных исследований;

использовано сравнение результатов численного моделирования автора в рамках описанной модели и результатов экспериментальных исследований других авторов, опубликованных в научной литературе;

установлено соответствие результатов численного моделирования в рамках

описанной модели и результатов экспериментальных исследований других авторов, опубликованных в научной литературе;

использованы численные методы решения уравнений в частных производных с применением явных и неявных конечно-разностных схем.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач исследования совместно с научным руководителем, самостоятельном получении основных численных результатов, выносимых на защиту, активном участии в анализе физических процессов, обсуждении полученных результатов, формулировке выводов и заключений по материалам исследований.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи математического моделирования и численных расчётов для исследования нестационарных процессов безгазового горения с учётом гетерогенности структуры исходных образцов, имеющей значение для физики и химии быстропротекающих процессов, соответствует п.9, абз. 2 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 25 декабря 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Шульцу Д.С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 15, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета,
д.ф.-м.н., профессор

___ Кузнецов Гений Владимирович

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

___ Матвеев Александр Сергеевич

25 декабря 2018 г.