

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
доктор физико-математических наук

Ивонин Иван Варфоломеевич

14 » марта 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Исследование нестационарных процессов безгазового горения гетерогенных систем» выполнена на кафедре математической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» и на кафедре технологий электронного обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

В период подготовки диссертации соискатель Шульц Денис Сергеевич работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», на кафедре технологий электронного обучения, в должности ассистента; с 31.12.2010 по 30.11.2015 (с учётом академического отпуска) заочно обучался в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

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

Справка о прохождении промежуточной аттестации в качестве экстерна по направлению подготовки высшего образования (аспирантура) 03.06.01 Физика и астрономия и о сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества выдана в 2017 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»; удостоверение (дубликат) о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки (физико-математические науки) и иностранному языку (немецкий) выдано в 2017 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Научный руководитель – Крайнов Алексей Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра математической физики, профессор.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Д. С. Шульца 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 быстропотекающих процессов.

Актуальность темы и направленность исследования

В настоящее время безгазовое горение широко используется в машиностроении, металлургии, химической промышленности, электротехнике и электронике, авиационно-космической технике, строительной промышленности. Например, СВС реагирующие порошковые составы используются в различных технических процессах и устройствах в качестве локального автономного источника нагревания, элементов огневых цепочек, источников зажигания, переносчиков теплового импульса, сварки деталей. Тем не менее, на сегодняшний день малоизученной остается область математического моделирования процессов нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры исходных образцов.

Актуальность данного направления обусловлена необходимостью расширять представления о механизме горения гетерогенных систем, уметь предсказывать скорость распространения волны безгазового горения и знать режимы распространения волны безгазового горения для использования безгазового горения в различных технических приложениях. Учёт влияния гетерогенности структуры при нестационарном безгазовом горении позволит прогнозировать режим горения и скорость безгазового горения в зависимости от размеров и формы гетерогенной структуры образцов, плавления одного из компонентов, теплоотдачи в окружающую среду; математические модели и методики численного решения необходимы для планирования экспериментов, раскрывающих кинетику и механизм реакций, структуру фронта горения.

Диссертационное исследование проведено в соответствии с тематикой научно-исследовательской работы кафедры математической физики Национального исследовательского Томского государственного университета, в том числе при выполнении грантов РФФИ:

– № 11-08-00370А «Разработка научных и методических основ вычислительной технологии расчета нестационарных процессов вентиляции угольных шахт, в том числе при возникновении пожара», руководитель – А. Ю. Крайнов, в составе исполнителей – Д. С. Шульц (2011 г.);

– № 15-03-02578А «Разработка математических моделей горения и расчет нестационарной скорости горения металлизированных твердых ракетных топлив», руководитель – А. Ю. Крайнов, в составе исполнителей – Д. С. Шульц (2015 г.).

Утверждение темы диссертации, назначение научного руководителя

Тема диссертации утверждена решением учёного совета физико-технического факультета Томского государственного университета от 31.01.2011, протокол № 1.

Научным руководителем назначен доктор физико-математических наук, профессор А. Ю. Крайнов (приказ Томского государственного университета от 28.12.2010 № 3343/с).

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты численного моделирования нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры образцов дают качественное согласие теоретической и экспериментальной зависимости скорости распространения безгазового горения от масштаба гетерогенности структуры СВС состава. Выявлена существенная зависимость скорости распространения волны безгазового горения от формы реакционной ячейки: для сферических реакционных ячеек скорость выше, чем для плоских, в 1.7 раза.

2. Гетерогенность структуры образцов, учитываемая моделями плоских и сферических реакционных ячеек, не влияет на область существования автоколебательного режима распространения волны безгазового горения.

3. Результаты моделирования нестационарных процессов безгазового горения конического образца показали, что учёт гетерогенности уточняет влияние теплоотдачи на определение скорости безгазового горения и величину несгоревшей части конуса при теплоотдаче. Определена зависимость недогоревшей части конического образца от интенсивности теплоотдачи.

4. Расчетно-теоретический анализ скорости горения многослойных биметаллических нанопленок показал удовлетворительное согласие значений скорости распространения волны безгазового горения с экспериментальными данными.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Постановка цели и задач исследования проведена соискателем совместно с научным руководителем. Все основные численные результаты, выносимые на защиту, получены Д. С. Шульцем самостоятельно. Соискатель принимал активное участие в анализе физических процессов, обсуждении полученных результатов, формулировке выводов и заключений по материалам исследований, а также положений, выносимых на защиту.

Достоверность результатов проведенного исследования

Достоверность подтверждается обоснованностью предположений математической модели и применением классических методов математического моделирования и численных методов, сеточной сходимостью численного решения задач при уменьшении шагов разностной схемы, выполнением законов сохранения массы и энергии в численной реализации математических моделей, совпадением результатов решения задачи о скорости распространения волны безгазового горения в классической постановке с известными результатами других авторов.

Новизна результатов проведенного исследования

Новыми являются следующие результаты диссертационного исследования:

– проведено численное моделирование нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры образцов с использованием моделей плоских и сферических реакционных ячеек, учитывающих влияние образовавшегося слоя продукта на диффузию;

– показана существенная зависимость скорости распространения волны безгазового горения от формы реакционной ячейки;

– расчётно-теоретическим путём выявлено, что гетерогенность структуры образцов, учитываемая моделями плоских и сферических реакционных ячеек, не влияет на область существования автоколебательного режима распространения волны безгазового горения;

– с использованием модели плоских реакционных ячеек проведено численное моделирование нестационарного безгазового горения многослойных биметаллических наноплёнок;

– с использованием математической модели и методики численных расчётов исследовано влияние теплоотдачи при горении конического образца и определены величины несгоревшей узкой части конуса в зависимости от интенсивности теплоотдачи и угла полураствора.

Теоретическая и практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

Положения диссертационной работы расширяют представления о механизме горения гетерогенных систем, позволяют прогнозировать режим и скорость безгазового горения, планировать эксперименты и использовать полученные результаты в различных технических приложениях.

Разработанная методика расчета скорости нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры образцов СВС состава даёт результаты, хорошо согласующиеся с экспериментальными данными, которые могут быть использованы при теоретическом анализе нестационарного безгазового горения СВС систем с учётом их гетерогенной структуры и для определения скорости горения при заданном размере гетерогенной структуры, в том числе для биметаллических наноплёнок. Математическая модель безгазового горения конического образца СВС состава с учетом гетерогенности структуры и теплоотдачи и методика численного решения могут быть использованы для планирования экспериментов, раскрывающих кинетику и механизм реакций, структуру фронта горения.

Апробация результатов диссертационного исследования

Материалы диссертационной работы представлены на научной конференции «Байкальские чтения: наноструктурированные системы и актуальные проблемы механики сплошной среды (теория и эксперимент)» (Улан-Удэ, 19–22 июля 2010 г.), Всероссийской молодёжной научной конференции «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред» (Томск, 16–19 октября 2010 г.), VII Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», посвященной 50-летию полета Ю. А. Гагарина

и 90-летию со дня рождения основателя и первого директора НИИ ПММ ТГУ А. Д. Колмакова (Томск, 12–14 апреля 2011 г.), VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с элементами научной школы для молодежи «Инноватика-2011» (Томск, 26–28 апреля 2011 г.), 7-м Международном семинаре по структуре пламени (7ISFS) (Новосибирск, 11–15 июля 2011 г.), VIII Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», посвященной 135-летию ТГУ и 45-летию НИИ ПММ ТГУ (Томск, 22–25 апреля 2013 г.), II Всероссийской молодежной научной конференции «Успехи химической физики» (Черноголовка, 19–24 мая 2013 г.), III Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики» (Томск, 27–29 ноября 2013 г.), IV Международной молодежной научной конференции «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики» (Томск, 17–19 ноября 2014 г.), IX Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики» (Томск, 21–25 сентября 2016 г.), 11 Научной конференции по горению и взрыву (Москва, 07–09 февраля 2018 г.).

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

По теме диссертации Д. С. Шульцем опубликовано 10 работ, в том числе 3 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (из них 1 статья в журнале, переводная версия которого индексируется Web of Science), 7 публикаций в сборниках материалов международного семинара, международной и всероссийских научных и научно-практической конференций (из них 1 электронное издание). Общий объем работ – 4.91 а.л., личный вклад автора – 2.42 а.л. В опубликованных работах достаточно полно изложены материалы диссертации.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук:

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. – 0,75 / 0,38 а.л.

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. – 0,75 / 0,37 а.л.

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. – 0,38 / 0,19 а.л.

Публикации в прочих научных изданиях:

4. Крайнов А. Ю. Моделирование распространения волны безгазового горения в коническом образце / А. Ю. Крайнов, А. Ф. Опрышко, Д. С. Шульц // Байкальские чтения: наноструктурированные системы и актуальные проблемы механики сплошной среды (теория и эксперимент) : тезисы докладов научной конференции. Улан-Удэ, 19–22 июля 2010 г. – Ижевск, 2010. – С. 121–124. – 0,32 / 0,12 а.л.

5. Крайнов А. Ю. Срыв горения конического образца СВС-состава при внешнем теплоотводе / А. Ю. Крайнов, Д. С. Шульц // Труды / Томский государственный университет. Серия физико-математическая. – Томск, 2010. – Т. 276 : Актуальные проблемы современной механики сплошных сред : материалы I Всероссийской молодёжной научной конференции. – С. 77–81. – 0,43 / 0,22 а.л.

6. Крайнов А. Ю. Использование вычислительных технологий для определения закономерностей горения конденсированных систем / А. Ю. Крайнов, Д. С. Шульц // Инноватика – 2011 : сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных с элементами научной школы. Томск, 26–28 апреля 2011 г. – Томск, 2011. – Т. 2. – С. 86–91. – 0,81 / 0,4 а.л.

7. Shultz D. S. Mathematical modeling of gasless combustion taking into account the structure heterogeneity and the interdiffusion of reactants [Electronic resource] / D. S. Shultz, A. Yu. Krainov // 7th International Seminar on Flame Structure : proceedings. Novosibirsk, Russia, July 11–15, 2011. – 5 p. – URL: <http://www.kinetics.nsc.ru/kcp/7ISFS/CD/Papers/OP-05.pdf>. (access date: 07.03.2018). – 0,44 / 0,22 а.л.

8. Шульц Д. С. Численное моделирование нестационарного СВС с использованием модели реакционных ячеек / Д. С. Шульц, А. Ю. Крайнов // Успехи химической физики : сборник тезисов докладов II Всероссийской молодежной конференции. Черногоровка, 19–24 мая 2013 г. – М., 2013. – С. 37. – 0,13 / 0,07 а.л.

9. Шульц Д. С. Численное моделирование безгазового горения с использованием модели сферических реакционных ячеек / Д. С. Шульц, А. Ю. Крайнов // Труды / Томский государственный университет. Серия физико-математическая. – Томск, 2015. – Т. 296 : Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики : материалы международной молодёжной научной конференции. – С. 189–195. – 0,53 / 0,26 а.л.

10. Шульц Д. С. Численное моделирование безгазового горения с использованием модели плоских и сферических реакционных ячеек / Д. С. Шульц, А. Ю. Крайнов // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики (ФППСМ-2016) : сборник трудов IX Всероссийской научной конференции. Томск, 21–25 сентября 2016 г. – Томск, 2016. – С. 448–450. – 0,37 / 0,19 а.л.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Материалы диссертации соответствуют специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (физико-математические науки) по области исследования «Закономерности и механизмы распространения, структура, параметры и устойчивость волн горения, детонации, взрывных и ударных волн; связь химической и физической природы веществ и систем с их термохимическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения, взрывчатого превращения; термодинамика, термохимия и макрокинетика процессов горения и взрывчатого превращения» (п. 7 паспорта специальности).

Диссертация «Исследование нестационарных процессов безгазового горения гетерогенных систем» Шульца Дениса Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

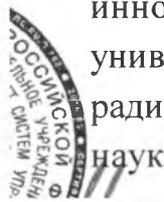
Заключение принято на расширенном заседании кафедры математической физики физико-технического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Присутствовало на заседании – 14 чел. Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 133 от 12 марта 2018 г.

Прокофьев Вадим Геннадьевич,
доктор физико-математических наук,
доцент, кафедра математической
физики, профессор

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и инновациям Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, доктор технических наук



_____ Мещеряков Роман Валерьевич

« 13 » 04 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»

Диссертация «Исследование нестационарных процессов безгазового горения гетерогенных систем» выполнена на кафедре математической физики физико-технического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» и на кафедре технологий электронного обучения факультета дистанционного обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

В период подготовки диссертации соискатель Шульц Денис Сергеевич работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на кафедре технологий электронного обучения (до 01.04.2017 - кафедра прикладной математики и информатики) факультета дистанционного обучения в должности ассистента (с 2005 г по настоящее время), а также проходил обучение в заочной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2003 г. окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет» физико-технический факультет по специальности «Физика кинетических явлений».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии

науки (физико-математические науки), иностранному языку (немецкий) выдано в 2017 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». Справка о сдаче кандидатского экзамена по научной специальности «01.04.17 - Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» выдана в 2017 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель – Крайнов Алексей Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра математической физики, профессор кафедры.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Общая характеристика работы

Диссертация Шульца Дениса Сергеевича представляет законченную научно-квалифицированную работу, в которой содержится постановка и численное решение научной задачи математического моделирования нестационарных процессов безгазового горения с использованием плоских и сферических реакционных ячеек с учётом гетерогенности структуры исходных образцов и с учётом плавления во фронте горения одного из компонентов гетерогенной структуры. Также с использованием данной модели в двумерном осесимметричном приближении проведено численное исследование распространения фронта безгазового горения в коническом образце при теплоотдаче в окружающую среду. Данные научные задачи имеют значение для расширения представлений о механизме нестационарного безгазового горения гетерогенных систем. Разработанные автором методики численных расчётов могут быть использованы при теоретическом анализе нестационарного безгазового горения СВС систем с учётом их гетерогенной структуры, для планирования экспериментов и прогнозирования скорости безгазового горения, которая важна при использовании данных процессов в различных технических приложениях.

Актуальность темы.

Актуальность поставленных задач определяется тем, что для использования безгазового горения в различных технических приложениях важно знать режимы и скорость распространения волны безгазового горения. Учёт влияния гетерогенности структуры с использованием моделей реакционных ячеек при нестационарном безгазовом горении позволит прогнозировать режим горения и

скорость безгазового горения в зависимости от размеров и формы гетерогенной структуры образцов. В настоящее время область математического моделирования процессов нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры исходных образцов остается малоизученной, однако исследования нестационарных процессов безгазового горения имеют важное значение, так как безгазовое горение используется в машиностроении, металлургии, химической промышленности, электротехнике и электронике, авиационно-космической технике. Например, СВС составы используются в качестве локального автономного источника нагревания, в устройствах элементов специальной техники как воспламеняющие составы, замедлители распространения теплового импульса в огневых цепочках пиродинамических устройств.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Оценка достоверности результатов диссертационного исследования подтверждается обоснованностью предположений математической модели, применением классических численных методов, выполнением законов сохранения массы и энергии в численной реализации математических моделей; качественным согласием расчётно-теоретической скорости распространения волны безгазового горения по модели и методике автора диссертационного исследования и экспериментальной зависимости скорости горения, полученной другими авторами.

Научная новизна работы.

1. Проведено численное моделирование нестационарного безгазового горения с учётом гетерогенности структуры образцов с использованием моделей плоских и сферических реакционных ячеек в широком диапазоне определяющих параметров задачи. Показана существенная зависимость скорости распространения волны безгазового горения от формы реакционной ячейки.

2. Расчетно-теоретическим путем выявлено, что гетерогенность структуры образцов, учитываемая моделями плоских и сферических реакционных ячеек, не влияет на область существования автоколебательного режима распространения волны безгазового горения.

3. Проведено численное моделирование нестационарного безгазового горения многослойных биметаллических нанопленок с использованием модели плоских реакционных ячеек.

4. Исследовано влияние теплоотдачи при горении конического образца и определены величины несгоревшей узкой части конуса в зависимости от интенсивности теплоотдачи и угла раствора конуса.

Научная и практическая значимость работы.

- установлена количественная зависимость величины скорости горения от геометрической формы реакционных ячеек, показано, что гетерогенность

структуры образцов не влияет на область существования автоколебательного режима горения;

- разработанная методика численного решения позволяет исследовать влияние теплоотдачи на закономерности распространения волны безгазового горения в коническом образце и позволяет определить величину скорости горения в зависимости от масштаба и геометрической формы гетерогенной структуры;

- разработанная методика расчета дает результаты, хорошо согласующиеся с экспериментальными данными других авторов, и может быть использована при теоретическом анализе нестационарного безгазового горения СВС систем с учётом их гетерогенной структуры и для определения скорости горения при заданном размере гетерогенной структуры, в том числе для многослойных биметаллических нанопленок;

-разработанная методика численного решения для горения конического образца может быть использована для планирования экспериментов.

Личный вклад автора состоит в разработке методики и программы для численного решения системы уравнений математической модели распространения волны безгазового горения с учётом гетерогенности структуры моделями плоских и сферических реакционных ячеек, а также модели, не учитывающей влияние образовавшегося слоя продукта на диффузию. Соискатель самостоятельно проводил тестирование методики численного моделирования на решении модельных задач. Принимал активное участие в обсуждении полученных результатов, формулировке выводов и заключений.

Апробация работы

Материалы диссертационной работы представлены на следующих конференциях: научной конференции «Байкальские чтения: наноструктурированные системы и актуальные проблемы механики сплошной среды (теория и эксперимент)» (Улан-Удэ, 19 – 22 июля 2010 г), Всероссийской молодёжной научной конференции «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред» (Томск, 16 – 19 октября 2010 г), VII Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», посвященной 50-летию полета Ю.А. Гагарина и 90-летию со дня рождения основателя и первого директора НИИ ПММ ТГУ А.Д. Колмакова (Томск, 12–14 апреля 2011 г), VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с элементами научной школы для молодежи «Инноватика-2011» (Томск, 26 – 28 апреля 2011 г), 7-ом Международном семинаре по структуре пламени (7ISFS) (Новосибирск, 11 – 15 июля 2011 г), VIII Всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики», посвященной 135-летию ТГУ и

45-летию НИИ ПММ ТГУ (Томск, 22 – 25 апреля 2013 г), II Всероссийской молодежной научной конференции «Успехи химической физики» (Черноголовка, 19 – 24 мая 2013 г), III Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики» (Томск, 27 – 29 ноября 2013 г), IV Международной молодежной научной конференции "Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики" (Томск, 17 – 19 ноября 2014г), IX Всероссийской научной конференция «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики» (Томск, 21 – 25 сентября 2016 г), 11 Научной конференции по горению и взрыву (г. Москва, 7-9 февраля 2018 ИХФ РАН).

Список публикаций соискателя.

Основные положения и результаты диссертационных исследований опубликованы в 10 работах, в том числе 3 статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (из них 1 статья в журнале, переводная версия которого индексируется Web of Science), 7 публикаций в сборниках материалов международного семинара, международной и всероссийских научных и научно-практической конференций (из них 1 электронное издание).

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций:

1. Крайнов А.Ю., Шульц Д.С. Математическое моделирование СВС процесса в гетерогенных реагирующих порошковых смесях // Компьютерные исследования и моделирование, 2011. – Т.3, №2. – с.147-153.

2. Шульц Д.С., Крайнов А.Ю. Численное моделирование безгазового горения с учётом гетерогенности структуры и зависимости диффузии от температуры // 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., Крайнов А.Ю. Численное моделирование нестационарного горения безгазовых составов на основе модели диффузионной кинетики // Известия вузов. Физика, 2013. – Т.56, №9/3. – С.223-225.

Публикации в материалах международных, всероссийских научных и научно-практических:

4. Крайнов А.Ю., Опрышко А.Ф., Шульц Д.С. Моделирование распространения волны безгазового горения в коническом образце // Байкальские чтения: Наноструктурные системы и актуальные проблемы механики сплошной среды (теория и эксперимент): Тезисы докладов научной конференции. (Улан-Удэ, 19-22 июля 2010 г.). Ижевск, ИПМ УрО РАН. 2010. с. 121-124.

5. Крайнов А.Ю., Шульц Д.С. Срыв горения конического образца СВС-состава при внешнем теплоотводе // Труды Томского государственного университета. – Т.276. – Сер. физико-математическая: Молодёжная научная конференция Томского государственного университета 2010 г. – Томск: Изд-во Том.ун-та, 2010. – с.77-81.

6. Крайнов А.Ю., Шульц Д.С. Использование вычислительных технологий для определения закономерностей горения конденсированных систем // Инноватика-2011: Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных с элементами научной школы (26-28 апреля 2011 г.) / Под ред. А.Н.Солдатова, С.Л.Минькова. – Томск: Томское университетское издательство, 2011. – Т.2. – с. 86-91.

7. Shultz D.S., Krainov A.Yu. Mathematical modeling of gasless combustion taking into account the structure heterogeneity and the interdiffusion of reactants [Электронный ресурс] / PROCEEDINGS OF 7 th INTERNATIONAL SEMINAR ON FLAME STRUCTURE, July 11-15, 2011 Novosibirsk, Russia. - URL: <http://www.kinetics.nsc.ru/kcp/7ISFS/CD/Papers/OP-05.pdf> (дата обращения: 10.04.2018).

8. Шульц Д.С., Крайнов А.Ю. Численное моделирование нестационарного СВС с использованием модели реакционных ячеек // Успехи химической физики: Сб. тезисов докладов на II Всероссийской молодежной конференции, 19–24 мая 2013 г. — М.: Издательская группа «Граница», 2013. — с.37.

9. Шульц Д.С., Крайнов А.Ю. Численное моделирование безгазового горения с использованием модели сферических реакционных ячеек // Труды Томского государственного университета – Т.296. Сер. Физико-математическая: Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики / под ред. М.Ю.Орлова. – Томск, 2015. – с. 189-195.

10. Шульц Д.С., Крайнов А.Ю. Численное моделирование безгазового горения с использованием модели плоских и сферических реакционных ячеек // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики (ФППСМ-2016): Сборник трудов IX всероссийской научной конференции, 21-25 сентября 2016 года, г.Томск. – Томск: Томский государственный университет, 2016. – с.448-450.

Диссертация «Исследование нестационарных процессов безгазового горения гетерогенных систем» Шульца Дениса Сергеевича рекомендуется к защите на

соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры технологий электронного обучения факультета дистанционного обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники». Присутствовало на заседании 11 чел. Результаты голосования: «за» – 11 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 3 от 10 апреля 2018 г.

Председатель семинара
Кручинин Владимир Викторович,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой технологий
электронного обучения федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники»

Секретарь заседания кафедры
Морозова Юлия Викторовна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры технологий электронного
обучения федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники»