

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РФ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 03 июня 2022 протокол № 1

О присуждении Сыродою Семёну Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Тепломассоперенос при воспламенении частиц перспективных композиционных топлив на основе угля» в виде рукописи по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» принята к защите 21 февраля 2022 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 212.173.02, созданном на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Сыродой Семён Владимирович, «13» апреля 1988 года рождения, гражданин России. В 2011 г. с отличием окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», присуждена степень магистра техники и технологии по направлению «Теплоэнергетика».

В 2014 г. Сыродой С.В. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Термическая подготовка и зажигание частиц водоугольного топлива применительно к топкам котельных агрегатов» по специальностям 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» и 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в диссертационном совете Д 212.269.13 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». Диплом кандидата технических наук КНД № 007718. В настоящее время работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в должности доцента научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики.

Диссертация выполнена в научно-образовательном центре И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный консультант – Кузнецов Гений Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» научно-образовательный центр И.Н. Бутакова Инженерная школа энергетики, профессор.

Официальные оппоненты:

Исаев Сергей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», лаборатория фундаментальных исследований, заведующий, г. Санкт-Петербург;

Чернов Андрей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория синтеза новых материалов, главный научный сотрудник, г. Новосибирск;

Ненарокомов Алексей Владимирович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», аэрокосмический институт, кафедра космических систем и ракетостроения, профессор, г. Москва.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск (ФГАОУ ВО «СФУ»), в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой «Теплотехника и гидрогазодинамика», профессором, д.т.н. Кулагиным В.А., утвержденном проректором по учебной работе Гуц Д.С., указала, что соискатель заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Соискатель имеет 70 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 14 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, 26 статей в ведущих рецензируемых международных научных журналах, индексируемых базами данных Scopus и/или Web of Science и включенных в список Q1 и Q2. Получено 11 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ. Авторский вклад в опубликованные работы составляет не менее 75 %. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Сыродой, С.В.** Влияние кинетической схемы пиролиза на прогностические оценки характеристик процесса воспламенения частицы древесной биомассы / Г.В. Кузнецов, С.В. Сыродой // Физика горения и взрыва. – 2019. – Т.55. – №2. – С. 82 – 96.

2. **Сыродой, С.В.** Влияние степени метаморфизма угля на характеристики и условия воспламенения капель водоугольного топлива / Сыродой С.В. Кузнецов Г.В., Саломатов В.В. // Теплофизика и Аэромеханика. – 2018. – Т.25. – №5. – С. 805 – 820.

3. **Сыродой, С.В.** Влияние фильтрационного теплопереноса на характеристики и условия воспламенения частиц водоугольного топлива / В.В. Саломатов, С.В. Сыродой // Теплофизика и Аэромеханика. – 2019. – Т.26. – №5. – С. 795 – 812.

4. **Сыродой, С.В.** Численное моделирование зажигания частиц водоугольного топлива / Г.В. Кузнецов, В.В. Саломатов, С.В. Сыродой // Физика горения и взрыва. – 2015. – Т.51. – №4. – С.12 – 18.

5. **Syrodoy, S.** Effect of high-temperature gas flow on ignition of the water-coal fuel particles / V.V. Salomatov, G.V. Kuznetsov, S.V. Syrodoy, N.Yu. Gutareva // Combustion and Flame. – 2019. – №203. – P. 375 – 385.

6. **Syrodoy, S.V.** Ignition of bio-water-coal fuel drops / S.V. Syrodoy, G.V. Kuznetsov, N.Y. Gutareva, M.V. Purin // Energy – 2020. – №203. – 117808.

7. **Syrodoy, S.V.** Mathematical model simulating the ignition of a droplet of coal water slurry containing petrochemicals / G.V. Kuznetsov, D.O. Glushkov, P.A. Strizhak, S.V. Syrodoy // Energy – 2018. – №150. – P. 262 – 275.

8. **Syrodoy, S.V.** Ignition of the wood biomass particles under conditions of near-surface fragmentation of the fuel layer / G.V. Kuznetsov, S.V. Syrodoy, N.Y. Gutareva, A.A. Kostoreva, Zh.A. Kostoreva // Fuel – 2019. – №252. – P. 19 – 36.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все отзывы положительные:

Катаева Лилия Юрьевна, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», отметила относительно использованного метода решения, что при моделировании на процессах зажигания имеет место незначительное нарушение закона сохранения энергии.

Бухмиров Вячеслав Викторович, доктор технических наук, профессор, кафедра «Теоретические основы теплотехники», ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», сделал замечания: во-первых, не указаны пределы применимости разработанных диссертантом математических моделей; во-вторых, в автореферате не приведено описание экспериментальной и приборной базы; в-третьих, в автореферате не приведены результаты моделирования процессов теплопередачи в системе «внутритрубный теплоноситель – трубная стенка – слой золы – внутритопочная среда» при сжигании углей разных марок; в-четвертых, не приведен технико-экономический расчет котельного агрегата.

Лившиц Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» делает замечание об отсутствии конечной цели разработки математических моделей. Также указывает на некоторые неточности и опечатки в тексте автореферата.

Пузырев Евгений Михайлович, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе ООО «ПроЭнергоМаш-Проект», доцент, профессор кафедры «Котло- и реакторостроение», ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет отмечает, что при моделировании процесса зажигания частицы древесины не учитывается анизотропность свойств древесины; также дается комментарий о форме камеры сгорания реального котельного агрегата.

Крайнов Алексей Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математической физики ФГАОУ ВО НИ «Томский государственных университет», указал, что в автореферате не приведены значения величин параметров подобия.

Резник Сергей Васильевич доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Ракетно-космические композитные конструкции», ФГБОУ ВО Национальный исследовательский «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», отметил, что в автореферате не приведены граничные условия для уравнения переноса энергии излучения. Также автор отзыва указал на то, что в автореферате не представлены критериальные зависимости.

Шеремет Михаил Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией моделирования процессов конвективного теплопереноса ФГАОУ ВО НИ «Томский государственных университет», в отзыве на автореферат указал, что в последнем отсутствует описание методик проведения экспериментальных исследований; также в автореферате не описаны параметры сеток, порядок аппроксимации и схема аппроксимации для уравнения определения вектора завихренности; также в отзыве указано на отсутствие в автореферате иллюстраций температурных полей в момент зажигания.

Выбор официальных оппонентов обосновывается высокой квалификацией специалистов, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Так, область научных интересов доктора технических наук, профессора Исаева Сергея Александровича связана с математическим моделированием процессов теплопереноса и гидродинамики с фазовыми и химическими превращениями в различных технических системах, в том числе при разработке энергосберегающих мероприятий на производствах. Доктор

физико-математических наук, профессор РАН Чернов Андрей Александрович – специалист в области теории фазовых переходов в системе «жидкая фаза – твердое вещество» – в условиях существенной неравновесности температуры на границе фазового перехода при значительном переохлаждении жидкой фазы. Профессор Ненарокомов Алексей Владимирович является ведущим в России специалистом по численному решению обратных задач теплообмена.

Выбор ведущей организации ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», обусловлен широкой известностью и достижениями в области математического моделирования процессов, протекающих в топочных устройствах котельных агрегатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен новый подход к прогностическому моделированию процессов тепло- массопереноса, протекающих при зажигании и горении частиц композиционных топлив в условиях существенных фазовых и термохимических превращений при зажигании и горении частиц существенно неоднородных по структуре многокомпонентных и многофазных топлив;

впервые решена задача зажигания и горения частиц существенно неоднородных по структуре топливных композиций в условиях совместного протекания основных физико-химических процессов в период термической подготовки;

разработан математический аппарат, необходимый для описания процессов воспламенения и горения структурно-неоднородных частиц композиционных топлив с учетом совместного протекания комплекса теплофизических, термохимических и аэромеханических процессов в условиях существенных фазовых (испарения) и термохимических (пиролиз топлива, взаимодействие горючего и окислителя) трансформаций;

впервые сформулирована и решена задача совместного зажигания и горения частиц угля и древесины в условиях высокотемпературного нагрева с учетом описания процессов образования и секвестирования оксидов серы и азота в индукционный период времени

впервые по результатам численного моделирования процессов теплопередачи от внутритопочной среды к внутритрубному теплоносителю (вода, водяной пар) приведено обоснование эффективности перевода котельных агрегатов со сжигания угля в пылевидном состоянии на водоугольное топливо.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что по результатам диссертационной работы разработаны основные элементы теории зажигания структурно-неоднородных топливных композиций на основе угля в условиях высокотемпературного радиационно-конвективного нагрева в окислительной среде. Предложен новый подход к математическому описанию комплекса процессов, протекающих при воспламенении частиц композиционных топлив, который отличается от известных детальным описанием комплекса теплофизических (конвективный и радиационный нагрев, испарение внутриводной и адсорбционно-связанной влаги), термохимических (термическое разложение органической части угля и основных компонентов биомассы в рамках существенно-разветвленной кинетической схемы, гетеро- и газофазное термохимическое реагирование продуктов пиролиза с окислителем, с учетом цепного характера протекания реакций) и аэромеханических (фильтрация газообразных продуктов пиролиза во внутриводной структуре топлива, вдув последних в пристенную область частицы, движение газовой смеси в малой окрестности частицы топлива) процессов.

Применительно к исследуемым задачам результативно использованы: фундаментальные законы теплофизики, теоретических основ теплотехники, механики жидкости и газа; численные и аналитические методы решения задач математической физики; современные методики измерений физических величин и обработки экспериментальных данных.

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

разработаны и внедрены процедуры прогнозирования режимов работы газогенерирующего оборудования, работающего на композиционных топливах

в местах газо- и нефтедобычи, АО «ФНПЦ Алтай», г. Бийск, РФ; также разработанные математические модели, алгоритмы и комплексы программ использовались ООО «НПО Малая генерация» при проведении опытно-конструкторских работ по проектированию горелочных устройств, сжигающих водоугольное топливо;

созданы математические модели, алгоритмы и программы расчетов, которые позволяют проводить прогностическое моделирование процессов зажигания и горения частиц композиционных топлив на основе угля в условиях, советующих камерам сгорания котельных агрегатов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ – достоверность полученных количественных данных обеспечена использованием самых современных измерительных методов и устройств при исследовании быстропротекающих физико-химических процессов, методик и оборудования, хорошо зарекомендовавших себя на практике; повторяемостью и согласованностью результатов измерений, осуществленных в разное время; проведением статистической обработки результатов измерений;

применение современных методик сбора и обработки исходной информации;
обоснованность применяемых методов решения задач математической физики;
соответствие полученных результатов и выводов известным данным, полученным ранее по рассматриваемой тематике.

Личный вклад соискателя заключается в постановке задач, разработке математических моделей процессов теплопереноса, протекающих совместно в условиях интенсивных фазовых трансформаций и термохимических превращений в период термической подготовки, зажигания и горения существенно структурно неоднородных и многофазных топливных композиций в преобразованных переменных. Также вклад диссертанта заключается в планировании и непосредственном проведении экспериментальных исследований процессов зажигания топливных композиций, статистической обработке экспериментальных данных, анализе теоретических и экспериментальных результатов.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена крупная научная проблема процессов горения композиционных водонасыщенных топлив в условиях высокотемпературного радиационно-конвективного нагрева. Полученные результаты имеют важное значение для развития энергетической отрасли Российской Федерации. Диссертация соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием основной идейной линии, взаимосвязью поставленных задач, полученных результатов и выводов.

На заседании 03 июня 2022 г. диссертационный совет постановил за решение научной проблемы процессов горения композитных водосодержащих топлив на основе углей с обоснованием новых высокоэффективных и экологичных котельных установок, имеющих важное хозяйственное значение в энергетической отрасли, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить **Сыродою Семёну Владимировичу** ученую степень доктора технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени 14, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя диссертационного совета,

доктор технических наук,

профессор

Павел Александрович Щинников

Ученый секретарь

доктор технических наук

Олеся Владимировна Боруш

03 июня 2022 года