



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25
<http://www.sfu-kras.ru>, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;
ИНН/КПП 2463011853/246301001

УТВЕРЖАЮ

Врио пр

работе

федера

канд. т

Владим

на № _____ от _____
№ _____

« 05 » мая 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Сибирский федеральный университет»

на диссертационную работу Дорохова Вадима Валерьевича, на тему:
«Характеристики физико-химических процессов и состав дымовых газов при
низкотемпературном сжигании композиционных пеллетированных и жидких
топлив из отходов», представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности: 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая
теплотехника.

Актуальность диссертационной работы

В настоящее время активно развиваются системы получения энергии из
возобновляемых источников. Однако потребление ископаемых ресурсов для
выработки энергии всё ещё составляет более 80 %. При сжигании ископаемых
топлив выделяются вредные вещества, которые наносят серьёзный урон
окружающей среде. Выбросы парниковых газов ускоряют глобальное потепление,
а оксиды серы и азота вызывают кислотные дожди и респираторные заболевания у
людей и животных. Добыча угля открытым способом приводит к загрязнению

территорий мелкодисперсной пылью, а утечки нефти и природного газа — к загрязнению лито- и гидросферы.

В связи с этим одним из важных направлений в современном энергетическом секторе является создание новых технологий получения тепловой энергии. Они должны снизить потребление ископаемых топлив и антропогенные выбросы в окружающую среду.

Одним из решений может стать вовлечение в энергетический сектор угольных, промышленных и коммунальных отходов, биомассы и других горючих компонентов путём создания композиционных топлив. Смешение различных групп отходов позволяет нивелировать отрицательные эффекты и улучшить положительные свойства каждой из рассматриваемых групп. В энергетическом секторе широко распространены композиционные жидкие топлива — водоугольные (ВУТ) и органоводоугольные (ОВУТ). По сравнению с углём и мазутом, суспензионные топлива отличаются повышенными экологическими и экономическими показателями. Ещё один вариант композиционных топлив — пеллеты и брикеты на основе отходов. Благодаря совместному пеллетированию и брикетированию биомассы и угольных отходов увеличивается теплота сгорания получаемого топлива. Сжигание пеллет, содержащих от 75 % древесины, снижает зашлакованность поверхностей котла, уменьшает выбросы оксидов азота и твёрдых частиц.

Таким образом, масштабное вовлечение различных групп отходов и низкосортных топлив в топливный сектор путём создания твёрдых и жидких композиционных топлив позволит значительно сэкономить энергетические и финансовые ресурсы; утилизировать накопленные и вновь формирующиеся объёмы отходов; снизить влияние энергетического сектора на экологическое состояние окружающей среды.

Цель работы - Определение условий и способов снижения антропогенного воздействия объектов энергетики на окружающую среду при применении твердых и жидких композиционных топлив на основе отходов углеобогащения, лесопромышленного и сельскохозяйственного комплекса, коммунальных отходов, а также отработанных продуктов нефтепереработки.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка принятых сокращений и условных обозначений, списка используемой литературы из 346 наименований. Диссертация изложена на 261 странице печатного текста, содержит 62 рисунка, 34 таблицы, 1 приложение.

Во введении работы обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель и задачи исследования, практическая значимость результатов и научная новизна, а также выделен личный вклад автора в проведенном исследовании.

В первой главе проанализированы объемы антропогенных выбросов, генерируемых предприятиями топливно-энергетического сектора. Рассмотрены современные способы их снижения. Проанализированы способы очистки дымовых газов, применяемые в циклах работы ТЭС, сформулированы их достоинства и недостатки. Определено современное состояние исследований в области композиционных топлив, основные достижения и нерешенные задачи в этой сфере, а также направления дальнейшего развития.

Во второй главе приведено описание экспериментальных стендов и методик, используемых в диссертационном исследовании. Представлен перечень сырья для изготовления композиционных топлив. Описаны методики изготовления пеллетированных и жидких композиционных топлив.

В третьей главе приведены основные результаты экспериментальных исследований, выполненных при помощи лабораторных стендов и аналитических приборов. Приведены результаты термогравиметрического исследования и установлены кинетические характеристики термического окисления композиционных топлив. Определены зависимости концентраций продуктов сгорания в составе дымовых газов при сжигании твердых и жидких композиционных топлив в модельной камере сгорания от температуры и состава окислительной среды, состава и схемы сжигания композиционного топлива. Определен состав дымовых газов и выполнено сопоставление результатов измерений с использованием ИК-спектроскопии, масс-спектроскопии и газоанализатора. Рассчитаны значения относительных показателей эффективности

исследуемых композиционных топлив с учетом энергетических, экологических и технико-экономических параметров. Экспериментально определены значения характеристик процессов зажигания и горения исследуемых жидких композиционных топлив и угля при температурах окислительной среды 700–900 °С. Показано, что наибольшего преимущества относительно угля при использовании композиционных топлив удастся достичь при реализации условий низкотемпературного сжигания (при температурах окислительной среды до 800 °С) за счет использования высокореакционных добавок в виде опилок и турбинного масла.

В четвертой главе приведены основные результаты экспериментальных исследований, выполненных на полноразмерных стендах. Представлены результаты экспериментов по сжиганию композиционных топлив на основе угля и угольного шлама в модельной камере сгорания котлоагрегата, приведены результаты экспериментов по сжиганию древесных пеллет с добавками твердых коммунальных отходов в камере полноразмерного испытательного стенда. Показано, что в условиях промышленного использования возможно применение любой добавки из числа отходов в составе древесных пеллет без значительного изменения состава газовых продуктов сгорания.

В заключении представлены выводы по работе.

Автореферат диссертации изложен на 20 страницах, содержит 4 рисунка, 3 таблицы и список основных опубликованных работ соискателя из 12 наименований. Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Достоверность результатов, представленных в работе, подтверждается оценкой систематических и случайных погрешностей измерений, удовлетворительной повторяемостью результатов экспериментов при идентичных начальных параметрах системы, а также использованием современного высокоточного оборудования. Также выполнено сравнение части полученных экспериментальных результатов с известными теоретическими и экспериментальными заключениями других авторов.

Научная новизна работы состоит в разработке инновационных подходов к снижению негативного воздействия объектов энергетики на окружающую среду. В рамках исследования были созданы твёрдые и жидкие композиционные топлива на основе различных отходов: угольных, лесопромышленных, сельскохозяйственных и коммунальных, а также отработанных продуктов нефтепереработки и низкосортных топлив. Были определены компоненты композиционных топлив и оптимальное соотношение этих компонентов в составе смесей. Кроме того, с помощью аналитического оборудования, лабораторных и полупромышленных стендов установлены кинетические характеристики термического окисления и состав дымовых газов при сжигании полученных топлив. Для выбора наиболее перспективных композиционных топлив была разработана система многокритериальных оценок, учитывающих технико-экономические, энергетические и экологические показатели.

Практическая значимость работы заключается в разработке и обосновании применения твёрдых и жидких композиционных топлив, созданных на основе различных групп отходов и низкосортного сырья. Эти топлива могут быть использованы для генерации тепловой энергии, что позволит снизить негативное воздействие энергетического сектора на окружающую среду. Для широкой группы композиционных топлив были определены энергетические, экологические и технико-экономические параметры. Это даёт возможность обосновать рациональность их использования на энергетических объектах. Вовлечение компонентов из различных групп отходов позволяет снизить стоимость топлива и, как следствие, стоимость получаемой тепловой энергии. Использование отходов в топливном секторе поможет уменьшить площади отвалов для угольных отходов и отработанных нефтепродуктов, а также утилизировать накопленные объёмы коммунальных и лесопромышленных отходов.

Полнота опубликования результатов и апробация работы

Результаты диссертационных исследований опубликованы в 25 печатных работах, в том числе 5 в журналах из списка ВАК РФ, 7 - в международных

рецензируемых журналах, индексируемых базами данных «Scopus» и «Web of Science», 12 – в трудах международных и всероссийских конференций. По результатам работы получен 1 патент на изобретение.

Основные результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались в рамках следующих симпозиумов и конференций: II Всероссийская с международным участием конференция "Бутаковские чтения"; III Всероссийская с международным участием конференция "Бутаковские чтения"; XVII Всероссийская (IX Международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Энергия-2022"; XXVIII Международный молодежный научный симпозиум имени академика М.А. Усова, посвященный 125-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева и 130-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова «Проблемы геологии и освоения недр»; VII Минский международный коллоквиум по физике ударных волн, горения и детонации; I Всероссийская конференция с международным участием "Енисейская теплофизика"; 17-я Научная конференция по горению и взрыву; XXXVIII Сибирский теплофизический семинар; XII Всероссийская студенческая НТК «Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология»; XL Сибирский теплофизический семинар; The 3d International Conference on Physics and Chemistry of Combustion and Processes in Extreme Environments (ComPhysChem'24); 11 международный симпозиум «Неравновесные процессы, плазма, горение и атмосферные явления».

По содержанию диссертации имеются следующие замечания:

1. В результате выполнения диссертационной работы Дороховым В.В. использовался широкий набор экспериментальных методов и методик обработки данных, получен богатый экспериментальный материал по характеристикам горения композиционных твердых и жидких топлив. При этом не ясно, как использовать этот материал для практической реализации. Может, стоило бы предложить относительно простую математическую модель

процессов термохимической конверсии композиционных топлив, обобщив результаты выполненных экспериментальных исследований.

2. В предложенном автором подходе мультикритериальной оценки композиционных топлив, позволяющем учитывать их энергетические и экологические характеристики, входят весовые коэффициенты для каждого определяющего параметра. Из диссертационной работы непонятно, каким образом задаются эти коэффициенты.
3. Существуют ли экономические оценки внедрения композиционных топлив? Насколько сложным и затратным является процесс подготовки твердых и жидких композиционных топлив?
4. Пункт 10 заключения по диссертационной работе звучит как «Сформулированы рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования». Однако в диссертации явно не выделены разделы, связанные с использованием результатов. Отсутствует подтверждение о внедрении результатов исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Указанные вопросы и замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы.

Диссертационная работа на диссертационную работу Дорохова В. В. «Характеристики физико-химических процессов и состав дымовых газов при низкотемпературном сжигании композиционных пеллетированных и жидких топлив из отходов», является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему и в которой изложены новые научно обоснованные и экспериментально подтвержденные технические решения для совершенствования процессов термохимической конверсии и сжигания композиционных топлив, имеющие существенное значение для развития страны. Работа соответствует паспорту специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника и в полном объеме отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата технических наук, а именно п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней»,

утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в действующей редакции), а ее автор заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Отзыв на диссертацию Дорохова В. В. Обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры Теплофизики ИИФиРЭ Сибирского федерального университета, протокол № 1 от 03.04.2025 г. (Проголосовало 13 человек, за -13 человек, против – нет, воздержалось – нет)

Председатель заседания:

Директор института ИИФиРЭ СФУ,

доктор физико-математических наук,

доцент (1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы)

Минаков

и Викторович

Секретарь заседания:

Доцент кафедры теплофизики ИИФиРЭ СФУ,

кандидат технических наук,

доцент (05.14.05 - Теоретические основы теплотехники)

Дектерев

Александр Анатольевич

Подписи Минакова Андрея Викторовича и Дектерева Александра Анатольевича завер

Поступил в совет 06.05.2025 г.
Уч. секретарь ДС бау Борщук О.В. /

С отзывом ознакомлен 07.05.2025 Дф Дорохов В. В.