

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина»

А.В. Германенко

2020г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Копьева Евгения Павловича
«Исследование горения жидкого топлива в условиях паровой газификации»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 01.04.14 –Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Актуальность темы

Диссертационная работа Копьева Е.П. посвящена экспериментальному исследованию горения жидких углеводородов, включая производственные отходы, в условиях подвода в зону горения потока перегретого водяного пара. Проведенное комплексное исследование направлено на получение новых знаний о закономерностях воздействия водяного пара на теплотехнические и экологические показатели процесса сжигания указанных видов топлива в созданных оригинальных горелочных устройствах испарительного типа.

Тема работы является актуальной, поскольку непосредственно связана с поиском решений важных научных и практических задач энергетики, таких как повышение эффективности использования энергоресурсов и вовлечения в топливный баланс низкосортных топлив, слабо используемых в настоящее время. С точки зрения экологии тема работы также характеризуется актуальностью, поскольку в центре внимания находятся вопросы снижения эмиссии вредных веществ при утилизации накопленных горючих отходов производства. Существующие технологии использования низкосортных топлив в

теплоэнергетике не всегда обеспечивают устойчивость воспламенения, высокую полноту сгорания и соответствие экологическим нормам. Тем самым, востребованы исследования, формирующие научно-технические основы для создания перспективных технологий и устройств, обеспечивающих высокую энергоэффективность и экологическую безопасность использования доступных энергоносителей.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав и заключения, изложена на 130 страницах, включает 41 рисунок, 7 таблиц и 3 приложения. Список цитируемой литературы содержит 170 наименований.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, научная новизна работы, представлены основные научные положения, выносимые на защиту, а также приведена теоретическая и практическая значимость полученных в работе результатов, дано обоснование их достоверности. Указан личный вклад соискателя.

Первая глава посвящена обзору современного состояния исследований по теме диссертации. Начиная с общих физико-химических основ горения углеводородов, автор подробно описывает и анализирует применяемые технологии сжигания, учитывая условия протекания химических реакций и возможные причины образования токсичных продуктов. Особое внимание в обзоре уделено процессам газификации углеродосодержащих продуктов, возникающих при испарении и термическом разложении жидкого топлива. Представленные данные убедительно свидетельствуют о том, что добавление воды или пара является одним из эффективных способов снижения эмиссии оксидов азота. Одновременно с этим показано, что имеющиеся в научно-технической литературе данные о влиянии водяного пара на горение жидких углеводородов носят фрагментарный характер и не формируют целостного представления о закономерностях. Опубликованные результаты получены для узкого диапазона параметров, в некоторых случаях приводят к противоположным выводам. Эти обстоятельства подтверждают как практическую, так и научную востребованность комплексных исследований в данной предметной области.

В данном разделе приведены также обзор и классификация существующих

методов экспериментального изучения тепловых, газодинамических и экологических характеристик горения. Автор обосновывает набор современных методов, необходимых для проведения намеченного в диссертационной работе комплексного исследования: цифровая трассерная визуализация (particle image velocimetry – PIV) структуры высокотемпературного турбулентного потока; термопарный метод локальных измерений осредненной температуры в пламени и метод инфракрасной термографии для регистрации распределения температуры в нестационарном потоке; калориметрический метод определения мощности тепловыделения; газовый анализ состава продуктов сгорания.

Тем самым, в первой главе обоснованы задачи исследования и определен комплекс методов измерений, позволяющий решить поставленные задачи.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальной установки, применяемых измерительных методик, разработанных технических решений и созданных оригинальных горелочных устройств испарительного типа.

Для исследования процессов горения жидкого углеводородного топлива в режимах с паровой и воздушной газификацией используются два типа прямоточных жидкотопливных горелочных устройств испарительного типа мощностью до 10 кВт: 1) автономное горелочное устройство, обеспечивающее производство перегретого пара за счет тепла, выделяемого при горении топлива; 2) оснащенное электрическим парогенератором горелочное устройство, обеспечивающее возможность регулирования параметров подаваемого пара или воздуха. Измерения проводились на огневом стенде с автоматическим управлением системами подачи топлива, пара и воздуха, сбора и обработки данных с проточного калориметра, с платиноводородно-платиноводородная термопары, установленной на координатно-перемещающем устройстве. Использовались газоанализаторы, тепловизионная камера FLIR серии JADE, двухкомпонентная PIV-система «Полис».

В третьей главе представлены результаты проведенного комплексного экспериментального исследования газодинамических, тепловых и экологических характеристик горения дизельного топлива и отработанного масла в разработанных горелочных устройствах испарительного типа. В широком диапазоне изменения расхода и перегрева пара получены распределения скорости и температуры в

факеле, измерены мощность тепловыделения и концентрация CO, NO_x в продуктах сгорания. Полученные экспериментальные данные с указанием погрешностей измерений представлены, в том числе в форме зависимостей от режимных параметров, обобщены в виде карты режимов горения. Проведено сопоставление показателей горения в режимах с паровой и воздушной газификацией. Показано, что созданные горелочные устройства в определенных режимах превосходят по экологическим показателям лучшие образцы жидкотопливных горелочных устройств, сравнимые по мощности.

В **заключении** сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Рекомендации по использованию результатов

Результаты проведенного комплексного исследования влияния параметров пара на характеристики горения жидких углеводородов обладают **научной новизной и значимостью** в предметной области изучения горения многофазных систем, а также обладают **практической ценностью** для решения проблем теплоэнергетики, связанных с энергоэффективным и экологически безопасным использованием некондиционных видов топлива, утилизацией производственных отходов. В качестве наиболее важных результатов следует отметить следующие:

1. Получены новые экспериментальные данные и закономерности, характеризующие влияние водяного пара на показатели горения жидких углеводородов в горелочных устройствах испарительного типа с подачей в зону реакции перегретого водяного пара.
2. Определены условия режимов интенсивного горения распространенных видов жидкого углеводородного топлива и производственных отходов с низким производством оксидов азота и монооксида углерода.
3. Разработаны и применены новые принципиальные технические решения, реализованные в созданных лабораторных образцах прямоточных жидкотопливных горелочных устройств испарительного типа с различными способами генерации перегретого пара.

Полученные результаты могут быть рекомендованы к **использованию** в российских образовательных и научных организациях, проводящих исследования в

области горения: ОИВТ РАН, МЭИ, ОАО ВТИ, ТПУ, ТГУ, УрФУ, ИПМ ДВО РАН, ИХКГ СО РАН и др. Наряду с важностью полученных экспериментальных данных для развития математических моделей горения многокомпонентных двухфазных систем, результаты исследований могут быть использованы в практике при создании экономичных низкоэмиссионных горелочных устройств, предназначенных для оснащения теплоэнергетического оборудования, в том числе систем автономного теплоснабжения. Показательно, что полученные патенты уже используются по лицензионному договору.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием экспериментальных методов и оборудования, соответствующих поставленным задачам, проведением статистической обработки данных с оценкой погрешности измерений, контролем воспроизводимости результатов в пределах определенных доверительных интервалов.

Результаты исследований прошли достаточную **апробацию**, основные положения были вынесены на обсуждение как в форме публикации статей в ведущих рецензируемых журналах, так и в виде представления докладов на всероссийских и международных конференциях.

Замечания и недостатки

1. Используемые горелочные устройства (~10 кВт) ограничивают диапазон возможного изменения такого режимного параметра, как расход топлива. Как следствие, возникает вопрос о применимости некоторых выводов для горелочных устройств большей мощности.
2. В диссертации не приведены сведения о других токсичных продуктах сгорания, кроме оксидов азота, углерода и серы, в частности о количестве полиароматических углеводородов, а также о сажеобразовании.
3. В тексте диссертации отсутствует обоснование выбора горелочных устройств, относящихся к испарительному типу, а также не приведено сравнение с показателями горелок распылительного типа.

Отмеченные недостатки и замечания не влияют на положительную в целом оценку работы.

Заключение

Диссертационная работа Копьева Е.П. «Исследование горения жидкого топлива в условиях паровой газификации» является законченной квалификационной работой, обладающей актуальностью, научной новизной, теоретической и практической значимостью результатов. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

Представленная диссертация соответствует п.9 положения «О порядке присуждения ученых степеней» №842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Копьев Евгений Павлович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на семинаре кафедры Тепловые электрические станции Уральского энергетического института УрФУ (протокол № 29 от «19» ноября 2020 г.).

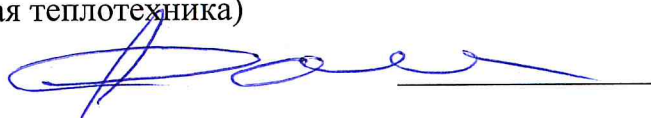
Профессор кафедры «Тепловые электрические станции»

Уральского энергетического института УрФУ,

доктор технических наук, профессор

(01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника)

Рыжков Александр Филиппович



«27» ноября 2020 г.

Наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ).

Почтовый адрес: Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19.

Телефон: (343) 375-44-44.

Эл. почта: contact@urfu.ru

Сайт: www.urfu.ru

Подпись Рыжкова Александра Филипповича заверяю.

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
УрФУ
МОРОЗОВА В.А.

