

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Ануфриева Игоря Сергеевича

"Экспериментальное исследование процессов при сжигании жидких углеводородов в горелочных устройствах с подачей перегретого водяного пара", представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 –Теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертация Ануфриева Игоря Сергеевича посвящена важной в практическом отношении теме — экспериментальному исследованию струйного горения смесей воздуха с каплями жидких углеводородов, образующихся в результате взаимодействия жидкого топлива с перегретым водяным паром. Полученные научные данные о структуре пламени, составе продуктов горения и процессах формирования газокпельной среды при взаимодействии струи топлива с перегретым паром, создают основу для создания новых экологически чистых и эффективных технологий сжигания жидких углеводородных отходов с низким уровнем выбросов NO_x , CO и сажи. Проблема экологически приемлемых методов утилизации некондиционного жидкого углеводородного топлива и получение тепла от их сгорания, несомненно, является **актуальной** задачей, решение которой способствует повышению эффективности использования энергоресурсов.

В экспериментальных работах, составляющих диссертацию И.С. Ануфриева, были впервые детально исследованы характеристики газокпельного потока, процессы диспергирования жидкого топлива струей перегретого водяного пара и воздуха, а также структура и характеристики факела газокпельной смеси. Результаты исследований позволили разработать перспективное прямоточное горелочное устройства для эффективного сжигания некондиционного жидкого топлива. Разработанные оригинальные перспективные горелочные устройства позволяют использовать загрязненное топливо из-за отсутствия контакта жидкого топлива с форсункой и непосредственного распыления топлива высокоскоростной струей пара. Эти работы, выполненные на основе комплекса современных оптических методов

экспериментального измерения характеристик горения, и диспергирования жидкого топлива, безусловно, отличаются **новизной**.

Диссертация написана достаточно доходчиво, грамотно и аккуратно оформлена. Полученные результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Представляемые работы И.С. Ануфриева докладывались на российских и международных конференциях, опубликованы в трудах конференций и периодических изданиях и вызвали большой интерес у специалистов, занимающихся проблемами, затронутыми в диссертации. Работа И.С. Ануфриева представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему, в котором получены оригинальные, полезные результаты. Следует отметить, что данные о диспергировании жидкого топлива перегретым паром, структуре газочапельного факела и процессах сажеобразования, полученные в диссертации И.С. Ануфриева, несомненно, будут стимулировать разработку новых моделей горения газочапельных потоков, ставящих целью рассмотреть различные аспекты стабилизации и динамического поведения пламени.

Следует отметить практическую направленность исследований и стремление автора к разработке допустимо упрощенных описаний сложных физических процессов. К достоинствам диссертации относится исчерпывающий обзор существующих устройств и способов сжигания некондиционных жидких углеводородных топлив, которые по совокупности признаков и получаемому техническому результату близки к решениям, предлагаемым автором диссертации.

В ходе выполнения работ использовались различные современные методы экспериментального исследования, что, несомненно, относится к достоинствам диссертации. В частности, для измерения концентрации и дисперсного состава частиц использовался диффузионный спектрометр аэрозолей; для исследований морфологии сажевых частиц просвечивающая электронная микроскопия. Структура газочапельных потоков исследовалась современными оптическими методами такими как, “particle image velocimetry (PIV)”, “interferometric particle imaging (IPI)” и “particle tracking velocimetry (PTV)”, основанными на обработке

траекторий и изображений отдельных частиц в потоке газа. Кроме этих методов использовались и традиционные: оптические методы теневой фотографии, методы калориметрии – для измерения тепловыделения при сжигании топлива, методы газового анализа продуктов сгорания, термометрические и оптические методы измерения температуры в пламени. Экспериментальные методы и методы обработки экспериментальных данных обсуждались на различных конференциях и семинарах, что свидетельствует о **достоверности** полученных результатов.

Данные о взаимодействия топлива с высокоскоростной струей перегретого водяного пара, генерации мелкодисперсных двухфазных потоков, данные о различных режимах горения газочапельных смесей, сажеобразования и составе продуктов, полученные в работе, представляют большую ценность и будут использоваться в дальнейшем при **конструировании** горелочных устройств для сжигания жидких углеводородных топлив. Эти и другие полученные результаты, несомненно, представляют большой интерес для специалистов в области энергетики и горения, и способствуют появлению новых идей и новых способов управления горением в энергопреобразующих устройствах. Полученные результаты могут быть рекомендованы к использованию в ИХКиГ СО РАН, ИТПМ СО РАН, ИШ ДВФУ, ИТМО НАНБ и других научных учреждениях, а также для оптимизации реально существующего и выпуска нового энергоэффективного оборудования. Следует отметить практическую направленность исследований и стремление автора к разработке допустимо упрощенных описаний сложных физических процессов.

По содержанию диссертации имеются следующие замечания.

1) В обзорной главе 1.2 «Диспергирование жидкого топлива» желательно привести типичные значения критических чисел Вебера для различных топлив, при которых происходит начальный распад струи жидкого топлива под действием высокоскоростного газового потока. (на стр.143 указано число Вебера равное примерно 5000 для случая дизельного топлива, но не указаны критические значения этого числа при которых начинается распад капель). Выполняются ли эти критерии в условиях, которые применяются в разработанных горелочных устройствах?

2) Кинетический механизм химических реакций конверсии углеводов в присутствии водяных паров включает в себя тысячи реакций, которые еще не полностью изучены, например, для биотоплив. Во введении описаны лишь брутто-реакции, и нет ссылок на работы, посвященные кинетическим механизмам детальных химических реакций горения тяжелых углеводов в присутствии водяного пара. То же замечание касается описания горения капель топлива, хотя в литературе можно найти много обзоров, посвященных этой проблеме. В то же время, для целей, поставленных в работе, отсутствие обзоров по физическим и химическим механизмам горения капель жидких углеводородных топлив, не носит критический характер и не снижает ценность работы, посвященной экспериментальному исследованию и практическим разработкам горелочных устройств.

3) В работе не обсуждается возможность масштабирования разработанных горелочных устройств и не приведены оценки диапазона рабочих мощностей горелок. Эти данные, важны для разработки горелок с заданной мощностью.

Опечатки.

1) Опечатка в слове “используя” строка 6 снизу стр.23

2) Опечатка в слове “сажистое пламя” строка 4 от верхней границы текста на стр. 45 и в строке 15 от верхней границы на стр.46.

3) Пропущен предлог “в” строка 7 от верхней границы на стр.58

4) Опечатка в слове “наддувные” горелки строка 6 после таблицы на стр.65

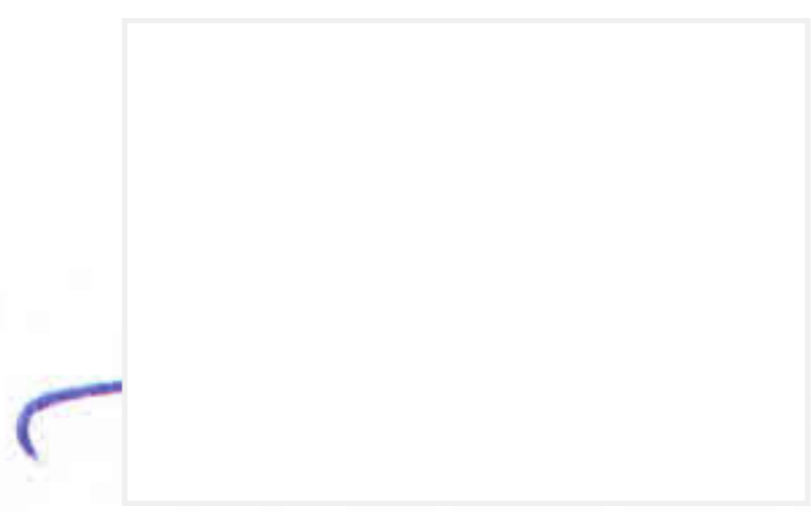
5) Опечатка в слове “представленными на рисунках” строка 4 стр.101 после рисунка 2.5

Данные замечания не снижают ценность полученных результатов. Считаю, что диссертация Ануфриева И.С. представляет собой научное исследование на актуальную тему, в котором получены оригинальные, полезные результаты. Автореферат отражает основные результаты, изложенные в диссертации. Анализ диссертации И.С. Ануфриева «Экспериментальное исследование процессов при сжигании жидких углеводов в горелочных устройствах с подачей перегретого водяного пара» позволяет сделать обоснованное заключение о соответствии диссертационной работы научной специальности 01.04.14 –

Теплофизика и теоретическая теплотехника и требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018) и о том, что ее автор Ануфриев Игорь Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

28 октября 2019 г.

Главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Института прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИПМ ДВО РАН),
д. ф.-м. н.,



Минаев Сергей Сергеевич

E-mail: minaevss@yahoo.com Тел.: +7 914 68 68 958

Почтовый адрес: 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7

Подпись оппонента Минаева Сергея Сергеевича удостоверяю:

Ученый секретарь федерального государственного бюджетного учреждения науки Института прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИПМ ДВО РАН), к.ф.-м.н.,



Святуха Владимир Андреевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИПМ ДВО РАН)

Адрес: 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7

Тел./Факс:(423) 231-18-56

Сайт:<http://www.iam.dvo.ru>

E-mail:admin@iam.dvo.ru

*Проставил в Совет 18.11.19
Уч. секр. Святуха Владимир Андреевич*

С отзывом ознакомлен (Ануфриев И.С.) 18.11.2019.