

Утверждаю
Директор Федерального
государственного бюджетного учреждения науки
Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Сибирского отделения Российской академии наук
академик РАН
доктор физико-математических наук, профессор



Маркович Д.М.

«12» марта 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Агафонцева Михаила Владимировича «Исследование турбулентности в пламени с применением методов термографии и математического моделирования», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационное исследование Агафонцева М.В. посвящено изучению характера температурных пульсаций турбулентного пламени при диффузионном горении различных видов конденсированного органического топлива. В работе использованы современные экспериментальные методы (термография, термопары), а также математическое моделирование. Пламя представляет собой весьма сложный объект исследования, требующий высокой квалификации, как при проведении измерений, так и при обработке полученных данных. Развитие бесконтактных методик измерения пульсаций температуры в пламени с использованием инфракрасных камер, несомненно, является **актуальной задачей**, так же как и поиск закономерностей

изменения процесса горения при внешнем динамическом воздействии. Тематика диссертационной работы относится к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники РФ «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика», входит в перечень критических технологий РФ «Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе».

Характеристика содержания диссертационной работы. Основной целью диссертационной работы является установление взаимосвязи между тепловыми неоднородностями в пламени и турбулентной структурой потока. Автор отработывает методику бесконтактного измерения поля температуры в высокотемпературном турбулентном потоке на основе ИК-термографии и термопарного метода, анализирует спектры пульсации температуры, определяет спектральный интервал, в котором проводит термографические измерения для различного топлива, оценивает и сопоставляет характерные гидродинамические и тепловые масштабы, исходя из полученных экспериментальных данных и теоретических результатов. Решение этих задач позволяет автору диссертации обосновать основной вывод о соответствии, существующем между характеристиками пульсаций скорости и температуры в турбулентном пламени. Кроме этого, в работе исследовано воздействие на процесс горения внешних акустических колебаний, частота которых характерна для собственных крупномасштабных пульсаций пламени. Показано, что такое воздействие может быть применено в качестве эффективного способа интенсификации горения органического топлива.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, изложенных на 107 страницах машинописного текста, включая 46 рисунков, 4 таблицы и список литературы из 133 наименований. В первой главе охарактеризован метод ИК-термографии применительно к исследованию пламени, а также приведены сведения о математическом моделировании турбулентного горения. Во второй главе описана экспериментальная установка и методы обработки полученных данных,

представлены результаты экспериментального исследования излучения пламени в ИК диапазоне и измерений поля температуры для различных горючих материалов. Приведены результаты изучения внешнего акустического воздействия на процесс горения. Третья глава посвящена описанию способов оценки масштаба турбулентности в пламени и анализу распределения турбулентного числа Рейнольдса в факеле. В заключении сформулированы основные выводы по результатам диссертационной работы.

В диссертации Агафонцева М.В. получен ряд результатов, обладающих **научной новизной**. В том числе:

1. Обоснованы спектральные интервалы в средневолновом ИК-диапазоне для исследования поля температуры в пламени и для регистрации экранированных пламенем объектов с применением ИК-термографии.

2. Предложена методика оценки масштабов неоднородностей температуры в турбулентном диффузионном пламени, проведен критериальный анализ факела по турбулентному числу Рейнольдса.

3. В результате анализа «мгновенных» полей температуры и скорости в турбулентном пламени показано соответствие характеристик крупномасштабных неоднородностей температуры и гидродинамической структуры.

4. В зависимости от частоты внешнего акустического воздействия определены условия повышения скорости сгорания исследуемых горючих материалов.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается корректностью постановки задач, применением высокоточного современного измерительного оборудования, статистической обработкой экспериментальных данных, анализом точности расчетных методов, сопоставлением с известными результатами.

Представленные в диссертации Агафонцева М.В. результаты обладают **теоретической и практической значимостью**. Наиболее важным для развития существующих знаний о турбулентном горении является

экспериментальное обоснование соответствия между характеристиками пульсаций скорости и температуры в турбулентном пламени. Безусловно полезны и значимы представленные в работе методические аспекты, связанные с применением методов ИК-термографии для анализа тепловой структуры пламени. Для математического моделирования турбулентного горения может быть полезной отмеченное в работе характерное распределение турбулентного числа Рейнольдса в диффузионном факеле. Интересным и значимым для практики результатом диссертационного исследования является физическое обоснование выбора частоты внешнего акустического воздействия на пламя, приводящего к повышению скорости сгорания топлива.

Использование результатов диссертационной работы:

Результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы М.В. Агафонцева могут быть использованы в академических научных учреждениях, включая: Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН (г. Новосибирск), Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН (г. Новосибирск), Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН (г. Новосибирск), Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН (г. Москва), Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН (г. Томск); в вузах Российской Федерации: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (г. Нижний Новгород), Сургутский государственный университет (г. Сургут), Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (г. Москва), НИ «Томский политехнический университет» (г. Томск), НИ «Томский государственный университет» (г. Томск) и др.

Автореферат в полной мере соответствует основному содержанию диссертации. В нем последовательно раскрыты цели, задачи и методы исследования, представлены основные результаты работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Научные результаты диссертационного исследования прошли достаточную апробацию, они **опубликованы** в 35 работах, в том числе: в шести статьях в журналах, включенных ВАК в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (из них пять статей в переводных российских научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, одна статья в зарубежном научном издании, входящем в Web of Science и Scopus); в девяти статьях в сборниках материалов конференций, представленных в зарубежных научных изданиях, входящих в Web of Science и/или Scopus; в одной статье в российском научном журнале, входящем в Scopus; в ряде других публикаций в материалах всероссийских и международных конференций. Агафонцевым М.В. получено одно свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

По работе имеется ряд **замечаний**:

1. В тексте диссертации при описании методики измерения распределения температуры пламени уделено недостаточное внимание вопросу о соответствии информации, получаемой из двумерных проекций (термограмм), реальному объемному распределению температуры. Этот вопрос имеет принципиальное значение для обоснования применимости тепловизионной техники для детального исследования полупрозрачных объектов.

2. Не приводится определение безразмерных критериев подобия – турбулентных чисел Ричардсона и Фруда, значения которых приведены на стр. 64 в таблице 1.

3. Не указано, из каких именно соображений в таблице 1 на стр. 64 приведено значение частоты (например, 16 ± 1 Гц для спирта), если сопоставимые пики в спектрах (на рис. 2.19 стр. 53 и рис. 2.20-f стр. 54) имеют место в диапазоне ниже 5 Гц.

4. Не приведено обоснование выбора используемой в расчетах k - ϵ модели турбулентности.

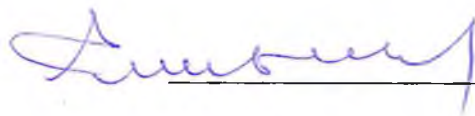
5. Тексты диссертации и автореферата содержат немало опечаток и орфографических ошибок (например, в диссертации на стр. 22, 23, 34, 62, 85 и др., в автореферате на стр. 14, 15, 16 и др.). К наиболее существенному недочету оформления диссертации (стр. 68) и автореферата (стр. 16) следует отнести описание (название) Таблицы 2, которое необоснованно воспроизводит описание Таблицы 1 (на стр. 64 и стр. 15, соответственно).

Отмеченные замечания не означают противоречий результатов диссертации с известными научными данными и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение. Диссертация Агафонцева Михаила Владимировича соответствует отрасли «физико-математические науки», а содержательная часть и полученные результаты соответствуют паспорту научной специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника по области исследования: «Фундаментальные, теоретические и экспериментальные исследования молекулярных и макросвойств веществ в твердом, жидком и газообразном состоянии для более глубокого понимания явлений, протекающих при тепловых процессах и агрегатных изменениях в физических системах». Диссертационная работа Агафонцева Михаила Владимировича «Исследование турбулентности в пламени с применением методов термографии и математического моделирования» является завершенным научным исследованием. Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9-11 (раздел II) «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант Агафонцев Михаил Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Настоящий отзыв рассмотрен и одобрен на научном семинаре лаборатории радиационного теплообмена Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, 10 марта 2020 г. (протокол № 17).

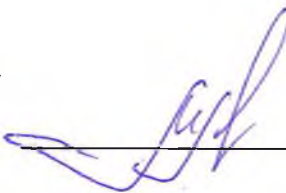
Ведущий научный сотрудник лаборатории радиационного теплообмена Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук кандидат физико-математических наук (01.04.14)



Емельянов Алексей Алексеевич

Подпись Емельянова А.А. удостоверяю.

Ученый секретарь ИТ СО РАН к.ф.-м.н.



Макаров М.С.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук. Россия, 630090, гор. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 1. Тел.: 8-383-330-84-80. director@itp.nsc.ru
<http://www.itp.nsc.ru>