

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Мокрина Сергея Николаевича «Пределы горения бедных смесей газов во встречных потоках», на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «механика жидкости, газа и плазмы» в диссертационном совете Д 24.1.129.01, созданного на базе ИТ СО РАН (630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, д. 1).

Диссертационная работа Мокрина С.Н. посвящена актуальной теме пределов горения бедных составов газовых смесей. Для анализа выбрана конфигурация с горением во встречном потоке, представляющая интерес не только с позиций фундаментального исследования горения в контролируемых условиях, но и с точки зрения прикладного использования в перспективных энергетических системах. Важно отметить, что в работе наравне с использованием методов расчетно-теоретического анализа поставлено и проведено экспериментальное исследование. Расчетно-теоретические и экспериментальные данные плодотворно дополняют друг друга и позволяют расширить представления о режимах горения бедных составов газообразных смесей и пределах горения. Полученные автором результаты имеют научную и практическую ценность для развития теории диффузионно-тепловой неустойчивости пламени, для развития технологий сжигания бедных составов газообразных смесей в камерах сгорания энергетических систем, а также для решения задач пожаро- и взрывобезопасности при работе с горючими газами.

Объем и структура диссертации. Диссертация Мокрина С.Н. изложена на 92 страницах, состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа содержит 27 рисунков. Список литературы содержит 65 наименований.

Во введении сформулированы цель и задачи диссертации, обоснована их актуальность, определены научная новизна, теоретическая и практическая ценность, а также достоверность полученных результатов. Здесь же автор формулирует положения, выносимые на защиту. Представлены личный вклад автора и информация об апробации результатов диссертационной работы.

В первой главе диссертационной работы приводится обзор исследований растяженных пламен. Представлены концепции горелочных устройств, используемых для изучения параметров горения во встречных

потоках. Обсуждаются вопросы устойчивости горения и его гашения при достижении предела горения.

Во второй главе проведен линейный анализ устойчивости решения, полученного для растяженного пламени в рамках диффузионно-тепловой модели. Представлена математическая модель, получено решение и исследована его устойчивость к малым возмущениям. Анализ показал существование нескольких типов неустойчивости пламени, систематизированных автором в форме диаграммы на плоскости: коэффициент растяжения – температура горения.

В третьей главе представлены результаты численного моделирования процесса горения в системе с двумя щелевыми противоточными горелками. Результаты расчетно-теоретического анализа позволили подробно изучить структуру пламени и его устойчивость вблизи концентрационного предела горения. Продемонстрированы и подробно описаны механизмы неустойчивости пламени и их влияния на пределы горения (в частности, на расширение пределов горения).

В четвертой главе описаны результаты экспериментальных и численных исследований процесса горения предварительно перемешанных газообразных смесей в плоском канале. Получена расширенная диаграмма режимов горения и определены пределы горения в зависимости от конфигурации горелочного устройства с горением в канале. На качественном уровне дана интерпретация базовых механизмов, определяющих устойчивое горение, неустойчивость и гашение пламени в канале.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Актуальность работы определяется необходимостью понимать и уметь оценивать значения пределов устойчивого горения в широком диапазоне условий. В первую очередь, это необходимо при разработке горелочных устройств, как элементов энергетических и энергосиловых установок, с целью реализации эффективных, экологически чистых и безопасных режимов их работы. Также знание критических условий реализации устойчивого горения газов крайне важно для решения задач пожаро- и взрывобезопасности на инфраструктурных объектах, работа которых связана с хранением и использованием горючих газообразных компонентов.

Научная новизна диссертационной работы определяется разработкой новых моделей и экспериментального стенда для изучения механизмов развития неустойчивости горения и пределов горения, равно как и новыми результатами об особенностях горения обедненных газообразных составов.

Полученные новые результаты позволили автору выявить базовые механизмы, определяющие развитие неустойчивости и тушение горения, и определить концентрационные пределы горения в зависимости от параметров потока и состава реагирующей смеси.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты, полученные Мокриным С.Н. и представленные в тексте диссертационной работы, указывают на особенности развития околопредельных режимов горения газов, которые необходимо принимать к сведению при разработке перспективных горелочных устройств и технических систем на их основе. Предложенные в диссертационной работе математические модели и концепция экспериментальной установки указывают пути развития методов более глубокого и детального изучения неустойчивых режимов горения газообразных смесей, равно как и методик количественной оценки пределов горения, необходимых для обеспечения эффективной и безопасной работы перспективных технических систем. Полученные автором результаты могут быть использованы для решения широкого круга задач, исследуемых в таких научных центрах как АО ГНЦ «Центр Келдыша», Институт теоретической и прикладной механики им. С.А.Христиановича СО РАН, Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, ОИВТ РАН и др.

Апробация результатов. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на Российских и Международных конференциях.

Публикации. Результаты работы изложены в 7 научных работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. Публикации достаточно полно отражают материалы диссертации.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Личный вклад автора правильно и полно отражён в диссертации и автореферате.

В ходе рассмотрения текста диссертации возникли следующие **вопросы и замечания:**

1. Во второй главе диссертации при рассмотрении пространственной неустойчивости фронта пламени автор отдельно выделяет случай, характеризующийся нулевым значением волнового числа. Насколько это корректно в данном случае? По всей видимости, следует ожидать, что в системе должен существовать некий верхний предел по длине волны, и возмущения с большей длиной волны не будут приводить к развитию неустойчивости.

2. На стр. 43 автор говорит о сходимости численного решения. Рекомендуется в таких случаях приводить оценку степени сходимости решения.
3. Из описания постановки задачи в главе 3 не ясно, каким образом задавались в расчете начальные возмущения.
4. На стр. 54 и 55 диссертации говорится о согласии расчетных и экспериментальных данных [42,43]. Возможно ли, представить расчетные данные, полученные автором, и цитируемые экспериментальные данные на одной диаграмме? Таким бы образом сделанные автором выводы получили более наглядную иллюстрацию при сравнении. В том числе при подтверждении выводов работ [42,43] о ключевых механизмах, цитируемых на стр. 58.
5. В подписи к рис. 4.1.2b и в соответствующем тексте имеется разногласие. В подписи говорится о трубках пламени, тогда как в тексте речь идет о плоском пламени.
6. Рассмотренная в 4 главе задача отличается от цитируемых работ тем, что в системе присутствует канал регенерации тепла, но при этом согласно данным, представленным на рис. 4.1.3 пределы горения в рассмотренной задаче уже, чем в работах, где канала регенерации тепла не было. Каким образом это можно объяснить?
7. На стр. 76 говорится о режимах NSF, но ранее в тексте такой аббревиатуры не вводилось.
8. Текст диссертации в целом написан понятным языком, но, тем не менее, в тексте встречаются грамматические и синтаксические опечатки, неточные формулировки и английские слова.

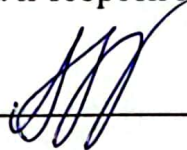
Сделанные замечания не меняют общей положительной оценки диссертации. Диссертация содержит новые результаты, имеющие практическую и научную значимость для решения актуальной задачи эффективного и безопасного сжигания газообразных топлив. Предложенные модели и экспериментальная методика могут в последствие плодотворно использоваться для решения фундаментальных и прикладных задач физики горения.

Тема исследования соответствует пунктам паспорта специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы». Диссертация Мокрина С.Н. «Пределы горения бедных смесей газов во встречных потоках» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно, и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением

Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Мокрин Сергей Николаевич заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «механика жидкости, газа и плазмы».

Официальный оппонент
заведующий лабораторией №15.2 Вычислительной физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур РАН,
доктор физико-математических наук
(специальность - 01.04.14 - «Теплофизика и теоретическая теплотехника»)

Киверин Алексей Дмитриевич



22.02.2023

ФГБУН ОИВТ РАН, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2
Телефон: (495)484-44-33
E-mail: alexeykiverin@gmail.com

Подпись Киверина А.Д. и сведения заверяю
Заместитель директора ОИВТ РАН д.ф.н

Гавриков Андрей Владимирович



125412, г. Москва, Ижорская ул. 13, стр. 2, (495) 485-90-09,
amirovravil@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур (ОИВТ РАН) 125412, г. Москва, ул. Ижорская, д.13, стр.2, (495) 485-82-44, webadmin@ihed.ras.ru