

Первая глава посвящена результатам экспериментального исследования распространения пламени в трубах и каналах. В главе приведен обзор литературы, демонстрирующий современное состояние исследований и проблему, на решение которой направлено исследование. Описана экспериментальная установка и методика проведения экспериментов. Построена аналитическая модель «обратного пальцеобразного» пламени, проведено сравнение аналитической модели с экспериментальными результатами. На примере зазора шириной 5 мм, формирующем щель периферийного воспламенения показано преимущество в динамике перед центральным инициированием для водородно-воздушных смесей с 12 и 13 об.% содержанием водорода. Проведен анализ влияния ширины зазора на распространение пламени при кольцевом воспламенении в трубе при ширине кольцевого зазора 0.5, 1, 1.5, 2, 3 и 4.5. Для смесей с 15 и 20 об.% содержанием водорода наибольшее влияние имело воспламенение при ширине щели 1 мм. Представлены краткие выводы по главе.

Во второй главе продемонстрированы результаты экспериментального исследования распространения водородно-воздушных пламен в плоских зазорах. Приведен обзор литературы, в достаточной мере определяющий мотивацию и задачи, поставленные в работе. Описана экспериментальная установка и методика проведения экспериментов. Отдельное внимание уделено точности обработки инфракрасных изображений фронта пламени. Продemonстрирован распад фронта пламени водородно-воздушных смесей с концентрацией 7 и 10 об.% водорода в зазорах толщиной от 3 до 5 мм. Описан механизм распада и предложен критерий на основе параметров фронта пламени. На основе интенсивности излучения продуктов сгорания проанализировано влияние остывания на динамику фронта пламени для смесей до 20 об.% в зазорах толщиной до 10 мм.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Актуальность работы соответствует современным тенденциям водородной энергетики. Как отмечается в обзоре литературы в вопросах перехода к экологически чистой энергетике остается много нерешенных задач как с точки зрения безопасной эксплуатации объектов водородной энергетики, так и эффективного использования топлива. Результаты, продемонстрированные в диссертации, дополняют накопленные знания важными аспектами безопасного и эффективного использования водорода.

Научная новизна. Наиболее важными новыми результатами являются качественная и количественная оценка преимущества периферийного воспламенения водородно-воздушных смесей в трубах и каналах. Автором показано во сколько раз увеличивается скорость распространения фронта пламени в трубе при периферийном воспламенении в сравнении с центральным

для заданных смесей, ширин зазора и диаметров канала. Проведено параметрическое экспериментальное исследование по выявлению оптимальной ширины кольцевого зазора. Введено понятие «обратного пальцеобразного» пламени на основе классических экспериментов о распространении «пальцеобразного» пламени.

В исследованиях о распространении фронта пламени в плоских зазорах показан и качественно описан механизм распада фронта пламени. Введено понятие «колпачкообразных» пламен. Предложен критерий, позволяющий предсказывать распад фронта пламени на отдельные ячейки.

Теоретическая значимость определяется в первую очередь новизной полученных результатов. Представленные результаты могут использоваться для валидации расчетов. Интересны продемонстрированные структуры и формы фронта пламени.

Практическая значимость заключается в следующем: модель «обратного пальцеобразного» пламени может учитываться при конструировании водородных энергетических установок, например для повышения эффективности работы двигателей внутреннего сгорания. «Колпачкообразные» пламена могут распространяться в плоских зазорах и нести дополнительные риски при аварийном сценарии работы энергетических установок.

Результаты могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, в организациях, разрабатывающих энергетическое оборудование, в частности в Объединенном институте высоких температур РАН, Институте теплофизики СО РАН, компаниях ПАО «Газпром», ГК «Росатом» и «КАМАЗ».

Апробация работы. Материалы диссертации были представлены на ведущих российских и международных конференциях. Соответствующий представленный список содержит 6 наименований.

Публикации. По материалам диссертации автор имеет 4 публикации в журналах из перечня ВАК, при этом 2 из них журналов, входящих в Q1 WoS.

Личный вклад автора. Автор принимал активное участие в постановке задач, планировании исследований, проведении экспериментов и численного моделирования, обсуждении результатов и подготовке публикаций по теме диссертационной работы. Все результаты и положения, выносимые на защиту, представленные в диссертации, получены лично автором, либо при его активном участии.

Диссертация обсуждена и одобрена на семинаре лаборатории волновых процессов кафедры газовой и волновой динамики механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 13 ноября 2024 г. Протокол №11.

Замечания по содержанию работы:

Результаты первой главы работы выглядят несколько разрозненно. Проведено исследование с 12 и 13 об.% смесями с фиксированной шириной зазора, но при варьировании ширины зазора использовались смеси с 15 и 20 об.% содержанием водорода. Данный выбор смесей затрудняет проведение сравнения результатов.

Форма отдельных ячеек фронта пламени в виде «колпачков» обосновывается путем сравнения скорости движения ячеек и скорости диффузии водорода. При этом скорость диффузии взята как табличная величина, без учета концентрации водорода в смеси. Так же не учитываются потоки газа несгоревшей смеси, возникающие при движении ячеек пламени.

В тексте диссертации встречается ряд опечаток, однако они не критичны для восприятия сути изложенного.

Отмеченные замечания не снижают общей ценности и значимости работы и носят, скорее, технический характер.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор Ельянов Артём Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Доктор физико-математических наук по специальности 01.02.05. – «Механика жидкости, газа и плазмы», профессор кафедры газовой и волновой динамики, заведующий лабораторией волновых процессов механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,

Смирнов Николай Николаевич

«13» ноября 2024г.

Контактные данные:

тел.: +7 (495) 939-11-90, email: ebifsun1@mech.math.msu.su. Адрес места работы: 119991, Ленинские горы, д.1, МГУ имени М.В. Ломоносова.

Декан механико-математического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова,
член-корр. РАН
А.И. Шафареви́ч



«__» _____ 2024 г.

Результаты первой главы работы выглядят несколько разрозненно. Проведено исследование с 12 и 13 об.% смесями с фиксированной шириной зазора, но при варьировании ширины зазора использовались смеси с 15 и 20 об.% содержанием водорода. Данный выбор смесей затрудняет проведение сравнения результатов.

Форма отдельных ячеек фронта пламени в виде «колпачков» обосновывается путем сравнения скорости движения ячеек и скорости диффузии водорода. При этом скорость диффузии взята как табличная величина, без учета концентрации водорода в смеси. Так же не учитываются потоки газа несгоревшей смеси, возникающие при движении ячеек пламени.

В тексте диссертации встречается ряд опечаток, однако они не критичны для восприятия сути изложенного.

Отмеченные замечания не снижают общей ценности и значимости работы и носят, скорее, технический характер.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор Ельянов Артём Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника.