Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
с элементами научной школы для молодых ученых

XXXIV

СИБИРСКИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СЕМИНАР,

посвященный 85-летию
академика А.К. Реброва

27 – 30 августа 2018 г.
Новосибирск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Новосибирск 2018

УДК 536.7

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ КОЛЕБАНИЙ ДАВЛЕНИЯ НА ПОЛЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЛАМЕНИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОГРАФИИ

Агафонцев М.В.[1], Климентьев А.С.[1], Лобода Е.Л.[1], Рейно В.В.[2]

[1] Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36
[2] Институт оптики атмосферы СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пл. Акад. Зуева, 1

Известно [1], что при диффузионном горении наблюдаются многократные изменения температуры во времени. Это связано с турбулентным режимом течения в пламени, переносом газообразных продуктов разложения и горения. Применение методов термографии позволяет производить измерения и контроль без внесения возмущений в исследуемую среду. Согласно [1], в спектре пульсаций температуры в пламени присутствуют характерные частоты, обусловленные режимом течения, переносом и размером микрообъемов, в которых происходит горение. В [2] представлена модель пламени, где предполагается, что в результате турбулентности фронт пламени искривляется и превращается в комбинацию ламинарных фронтов, разделяющих зоны несгоревшей и полностью сгоревшей смеси. Движение этих зон сопровождается интенсивными пульсациями температуры и концентрации горючих компонентов. При достаточно интенсивной турбулентности возникает дробление фронта пламени [3], в результате чего горение происходит в отдельных микрообъемах. Согласно гипотезе Сполдинга [4] в турбулентном пламени горение происходит в отдельных вихрях. В [4] также рассматривается дробление этих вихрей вследствие процессов диссипации на меньшие объемы, поверхности раздела которых с горячими газами достаточны для поддержания реакции.

В [5] говорится о наличии обратной связи, которая определяет воздействие колебаний давления на зону горения и наличии фазового сдвига между колебаниями давления и скоростью горения. Кроме того, для потери устойчивости необходимо, чтобы работа зоны горения при изменении давления была положительной, т.е. выполнялся критерий Рэлея, т.е. выделение теплоты было согласовано с колебаниями давления [5]. Учитывая [4], выделение теплоты происходит в отдельных микрообъемах и соответственно размеры этих микрообъемов должны быть согласованы с колебаниями давления. Следует отметить, что в [5] утверждается, что взаимодействие акустических колебаний с когерентными вихревыми структурами при возникновении и развитии турбулентности в сдвиговых слоях оказывает заметное воздействие на процесс горения.

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований поля температуры пламени при воздействиями на него пульсациями давления малой амплитуды с частотами пульсации до 10 Гц.

Оценка масштабов турбулентности в пламени с применением термографии для разных видов топлив подробно изложена в [1]. Этиловый спирт, масса которого варьировалась от 10 до 30 г, диффузионно сжигался в емкости диаметром 0.15 м. В качестве регистрирующего оборудования применялся тепловизор JADE J530SB с узкополосным фильтром с полосой пропускания 2.5-2.7 мкм. Выбор фильтра произведен на основе анализа спектра излучения пламени [6]. Генератором пульсаций давления служил низкочастотный динамик 25-ГД-26 с мягким подвесом на который подавался синусоидальный сигнал, сформированный генератором сигналов специальной формы Г6-28, предварительно усиленный при помощи усилителя LV 103. Расстояние от источника колебаний до пламени составляло 0,3 м.

Установлено, что при появлении внешнего воздействия в виде пульсаций давления малой амплитуды снижалась высота факела пламени и появлялись изменения в спектре изменения температуры. Очевидно изменение амплитуды колебаний температуры на характерных частотах, которые хорошо видны при отсутствии внешних воздействий. При этом в результате воздействия колебаний внешнего давления изменяется спектр пульсации температуры в пламени. Следует отметить, что воздействие с частотой более 5 Гц вызывают появление локальных амплитудных максимумов в спектре изменения температуры с частотой воздействия.

Очевидно, что изменения в спектре температуры в пламени являются следствием изменений в режиме течения в самом пламени. Представляет интерес дальнейшее исследование данного явления как возможный способ повышения полноты сгорания топлива.

Список литературы:

1. E.L. Loboda, O.V. Matvienko, V.P. Vavilov, V.V. Reyno Infrared thermographic evaluation of flame turbulence scale // Infrared Physics&Technology, 72 (2015), 1-7 p. doi: 10.1016/j.infrared.2015.07.001
2. Damkölhler G. Der Einfiuss der Turbulenz auf die Flammengeschwindigkeit in Gasgemischen // Zs. Elektrochem. 1940. V. 46. P. 601.
3. P. Libby and F. A. Williams, Turbulent Reacting Flows. Academic Press Inc., 1994. pp. 1–43.
4. Spalding, D. B., Mixing and chemical reaction in steady confined turbulent flames // Thirteenth Symposium (International) on Combustion, pp. 649-657, 1971.
5. В.В. Афанасьев, Н.И. Кидин Диагностика и управление устойчивостью горения в камерах энергетических установок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 176 с.
6. Е.Л. Лобода, В.В. Рейно, М.В. Агафонцев Выбор спектрального интервала для измерения полей температуры в пламени и регистрации экранированных пламенем высокотемпературных объектов с применением методов ИК – диагностики // Известия высших учебных заведений. Физика, 2015. Т. 58, No 2. С. 124 – 128. DOI: 10.1007/ s11182 - 015 - 0493 – x.