

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ В ПОТОКЕ С КАРБЮРАЦИЕЙ СМЕСИ

Давыдов Н.В., Мухаметгалиев Т.Х., Мингазов Б.Г.
КНИТУ-КАИ, г. Казань

Ключевые слова: камера сгорания, рециркуляционная зона, срыв пламени, стабилизация пламени, фронтное устройство.

Традиционные способы стабилизации пламени в камерах сгорания основаны на образовании в потоке рециркуляционных зон течения с помощью механических или газодинамических экранов. Условия срыва пламени при этом определяются как параметрами потока набегающей на стабилизатор смеси, так и размерами зоны рециркуляционного течения (зона обратных токов). Характерным размером, определяющим условие срыва пламени, является диаметр зоны обратных токов для осесимметричных стабилизаторов или толщина зоны обратных токов для плоских стабилизаторов.

Минимально потребный характерный размер зоны обратных токов h_x на границе срыва определяется критерием срыва, например, критерием M_i [1]:

$$M_i = \frac{h_x \cdot U_H^2}{a \cdot W}, \quad (1)$$

где U_H - нормальная скорость распространения пламени набегающей смеси;
 a_m - коэффициент молекулярной теплопроводности в набегающей смеси;
 W - скорость потока в сечении установки стабилизатора.

Для углеводородных топливовоздушных смесей по опытным данным значение критерия Михельсона на границе срыва лежит в пределах:

$$M_i = 0,45 \div 1,0. \quad (2)$$

Расчетное соотношение для минимального потребного характерного размера зоны обратных токов можно представить в виде:

$$h_x = M_i \cdot \frac{a \cdot W}{U_H^2}. \quad (3)$$

Аналогичный критерий применяется и для гетерогенных смесей с той лишь разницей, что состав смеси в зоне циркуляции за стабилизатором пламени определяется по паровой фазе и, кроме того, учитывается влияние испарения топлива на температуру горения [2-4]. В последнее время нашли широкое применение перфорированные стабилизаторы пламени с подачей части топлива непосредственно за стабилизатор с помощью так называемых «карбюраторов». Это потребовало новых экспериментальных исследований по стабилизации пламени такими устройствами.

Эксперименты показали, что в том случае, когда струи направлены на кромки стабилизатора пламени и при этом гарантировано их соударение со стабилизатором, обеспечиваются наиболее благоприятные условия для стабилизации пламени. В исследованиях варьировались:

- характерный размер стабилизатора пламени h от 20 до 60 мм;
- степень загромождения потока f от 0,16 до 0,48;

- степень перфорирования передней стенки стабилизатора пламени $\bar{F} = \frac{nd^2\pi}{4lh}$

(от 0 до 0,04).

Согласно [2] обобщение экспериментальных данных показало, что влияние конструктивных параметров сложного фронтного устройства на процесс стабилизации пламени удастся учесть, если обработку опытных данных проводить в координатах:

$$\frac{0.724}{1-9.2\bar{F}} \cdot \frac{U}{h\bar{p}T(1-\bar{f})^2} \text{ и } \frac{\alpha_{ст}}{\alpha_{opt}}, \quad (4)$$

где u - скорость потока перед фронтным устройством;

h - характерный размер стабилизаторов пламени;

$\bar{p} = (p[\text{кПа}]) / 100$ - относительная величина давления в камере;

$T = T / 288$ - относительная температура потока;

\bar{f} - степень загромождения потока фронтным устройством;

$\bar{F} = \frac{nd^2\pi}{4lh}$ - степень перфорирования передней стенки стабилизатора пламени, где n - число отверстий на стенках «карбюратора», $d_{от}$ - их диаметр, α_{opt} - значение $\alpha_{ст}$, при котором наблюдается максимальная устойчивость процесса горения топлива, поданного в поток перед стабилизатором на различных расстояниях.

Когда степень испарения топлива $z < 1$, связь между величинами $\alpha_{зц}$ и $\alpha_{тт}$

$$\alpha_{зц} = \frac{\alpha_{тт}}{1+k(1-z)}, \quad (5)$$

где $k = 1,2 (1 - 17\bar{F})$ здесь величина $\alpha_{тт}$ соответствует среднему значению коэффициента избытка воздуха в трубке тока высотой h .

На рисунке 1 приведены результаты обработки опытных данных по «бедному» срыву пламени.

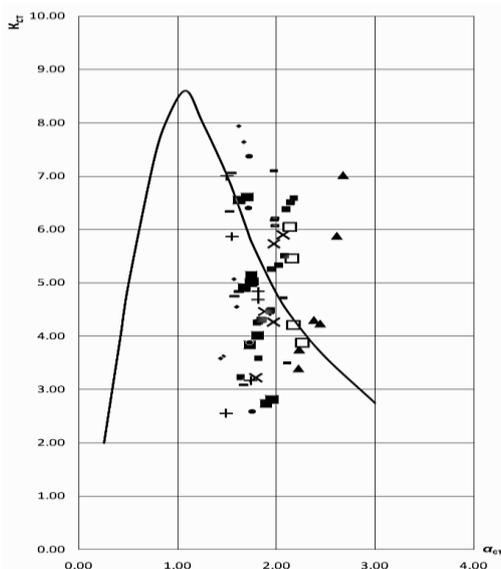


Рисунок 1 - Обобщение результатов границ срыва пламени

Обобщение режимных и конструктивных параметров позволяет получить универсальный график зависимости критерия срыва пламени от состава смеси за стабилизатором пламени. По заданным исходным параметрам можно определить требуемое значение состава смеси, обеспечивающее устойчивое горение в ФК, согласно [2] границы области стабилизации пламени могут быть аппроксимированы выражениями:

«богатая» граница области

$$k_{ср} = 6.05 \cdot 10^3 (\alpha_{зц} - 0.2)^{0.45},$$

«бедная» граница области

$$k_{ср} = 11.5 \cdot 10^3 (\alpha_{зц})^{-1.25}.$$

Проведенные исследования показали, что стабилизация пламени можно обобщить с помощью комплекса, предложенного в работе [2] и по составу смеси по испаренной части топлива в зоне циркуляции на основе контактной теории стабилизации пламени.

Список литературы

1. Дунский В.Ф. Исследование механизма стабилизации пламени в следе за плохообтекаемым телом. – М.: ЦИАМ, 1949.
2. Кудрявцев А.В, Медведев В.В «Форсажные камеры сгорания ПВРД» инженерные методики расчета характеристик. Труды ЦИАМ №1352. – Москва, 2013.
3. Мингазов Б.Г., Мухаметгалиев, Т.Х. Исследование механизма стабилизации пламени в неоднородных по фазе топливовоздушных смесях // Изв. вузов. Авиационная техника. – № 1. – 2020. – С. 93 – 96.

4. Ильяшенко, С.М. Теория и расчет прямоточных камер сгорания / С.М. Ильяшенко, А.В. Талантов. – Москва: Машиностроение, 1964. – 306 с.

**GENERALIZING THE RESULTS OF THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF
FLAME STABILIZATION IN A FLOW WITH MIXTURE CARBURATION**

Davydov N.V., Mukhametgaliev T.K., Mingazov B.G.

Kazan national research technical university named after A.N. Tupolev – KAI,
Kazan, Russian Federation

Keywords: combustion chamber, recirculation zone, flame failure, flame stabilization, front device.

A generalization of experimental data on the influence of the design parameters of a complex front device on the process of flame stabilization is presented.