

А.М. Ланский, О.В. Савченко

К ВОПРОСУ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ  
В ЗАКРУЧЕННОМ ПОТОКЕ

(Самарский аэрокосмический университет)

Проведено экспериментальное исследование стабилизации пламени вихревыми горелками. Предложена модель стабилизации пламени, отражающая влияние турбулентного смешения на устойчивость горения с использованием частотных характеристик закрученного потока. Обобщены данные по влиянию закрутки потока, диаметра горелки и скорости потока на срывную границу.

Обеспечение широкого диапазона устойчивой работы является одним из основных требований, предъявляемых к современным высокофорсированным камерам сгорания. Одним из решений данной проблемы является создание фронтных устройств с вихревыми горелками. Однако механизм стабилизации пламени в закрученном потоке изучен недостаточно, поэтому обеспечение требуемых пределов бесрывного горения проводится путем длительной экспериментальной доводки камер или их моделей.

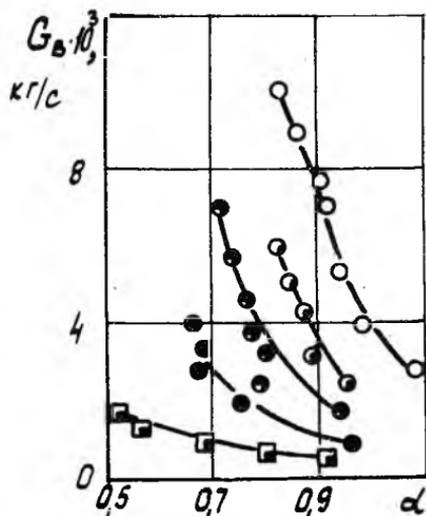
В литературных источниках отмечается значительная роль в горении процессов турбулентного обмена [1, 2]. В то же время отсутствуют данные по влиянию турбулентного смешения на стабилизацию пламени в закрученном потоке.

В данной работе экспериментально изучено влияние реконструктивных и режимных параметров вихревой горелки на границу стабилизации пламени. В модели вихревой горелки использовались завихрители диаметром  $d_z = 8...36$  мм, имеющие степень закрутки  $A_r = 0,35...16$ , длину камеры закручивания  $L_{кз} = 1...2$ . В качестве топлива использовался предварительно перемешанный с воздухом пропан.

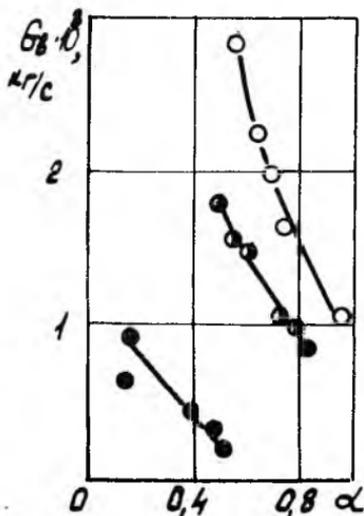
ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект  
и его применение в технике.  
Самара, 1992

Определение срывных характеристик проводилось для свободной закрученной струи. Влияние закрутки потока на границу срыва приведено на рис. 1. Видно, что увеличение степени закрутки от значения  $A_r = 1,8$  приводит к уменьшению диапазона бесрывного горения. Аналогичное влияние оказывает уменьшение диаметра вихревой горелки (рис. 2).



Р и с. 1. Влияние степени закрутки потока на срыв пламени:  
 $d_s = 0,016$  м;  $T_{вх} = 273$  К;  
 ○ -  $A_r = 1,8$ ; ○ -  $A_r = 2,3$ ;  
 ● -  $A_r = 3,3$ ; ● -  $A_r = 4,1$ ;  
 □ -  $A_r = 11,6$



Р и с. 2. Влияние диаметра завихрителя на срыв пламени:  
 $A_r = 6,3$ ;  $T_{вх} = 273$  К;  
 ○ -  $d_s = 0,016$  м; ● -  $d_s = 0,08$  м

На основании выполненных исследований предложена модель стабилизации пламени в закрученном потоке. В основе модели – предположение о зависимости границы срыва от максимальных по длине струи параметров турбулентного обмена. В качестве определяющего критерия был выбран относительный коэффициент турбулентной диффузии, одним из составляющих которого является масштаб турбулентности. Масштаб турбулентности, определяемый средней частотой пульсаций скорости в потоке, вычислен с использованием критерия Струхала. Критерий

Струхалю, определенный по максимальному значению скорости на срезе горелки  $W_{max}$  и характерному размеру кольцевой зоны  $\delta$ , постоянный и соответствует обычно наблюдаемым величинам  $Sh = 0,1 \dots 0,2$  [3], здесь  $Sh = W_{max} / \delta f$ .

Отсюда частота пульсаций, обратно пропорциональная масштабу турбулентности, может быть записана как

$$f = W_{max} / \delta Sh, \text{ где } W_{max} = G / \rho F_3,$$

$$\delta = F_8 / \pi d_3 = F_3 / \pi d_3 \cos \varphi_1,$$

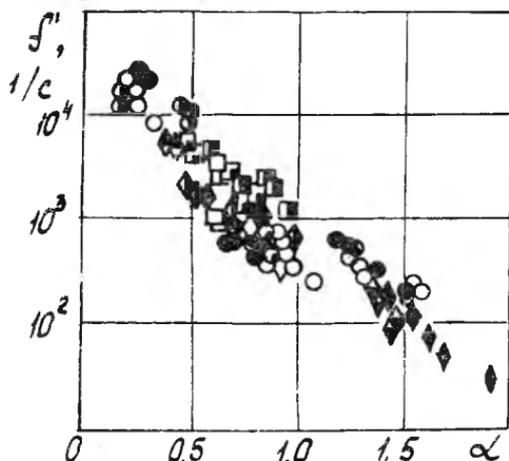
$$F_3 = \pi F_8 x$$

Таким образом,

$$f = \frac{\pi}{0,2\rho} \frac{G d_3 \cos \varphi_1}{F_3^2}.$$

При обработке имеющихся экспериментальных данных в формуле частоты пришлось учесть относительный шаг лопаток завихрителя:

$$f' = \frac{\pi}{0,2\rho} \frac{G d_3 \cos \varphi_1}{F_3^2} \left( \frac{t}{d_3} \right) = \frac{\pi}{0,2\rho} \frac{G t \cos \varphi_1}{F_3^2}.$$



Р и с.3. Обобщение данных по срыву пламени для вихревых горелок:  $d_3 = 0,008 \dots 0,036$  м,  $A_r = 1,3 \dots 1,2$ ,  $L_{к3} = 1 \dots 2$ ,  $T_{вх} = 273$  К

Использование комплекса  $f'$  позволило впервые обобщить влияние конструктивных и режимных параметров вихревых горелок на стабилизацию пламени (рис. 3).

Таким образом, при снижении частоты пульсаций в активном потоке, отражающем рост масштаба турбулентности, происходит расширение границ области устойчивого горения в закрученном потоке.

#### Библиографический список

Л и л л и Д. Расчет пламени в турбулентном закрученном потоке //РТИК, 1974. № 2. С. 117-124.

2. С у д а р е в А.В., М а е в В.А. Камеры сгорания газотурбинных установок. Л.: Недра, 1990. 276 с.

3. Турбулентное смешение газовых струй /Под ред. Г.Г.А б р а м о в и ч а. М.: Наука, 1974. 272 с.

УДК 536.8:621.4:519.6

Н.Л.Меньших

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА  
КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИГАТЕЛЕЙ,  
РАБОТАЮЩИХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗКАХ

(Самарский аэрокосмический университет)

Предлагается способ линеаризации системы уравнений, входящих в математическую формулировку нелинейной задачи нестационарной теплопроводности при сложном (радиально-конвективном) теплообмене на поверхности тела. Обосновывается предпочтительное использование аналитического метода по сравнению с численными методами в связи с тем, что существует возможность проследить всю физику процесса.

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект  
и его применение в технике.  
Самара, 1992