

Библиографический список

1. Мышенков В.М., Махвиладзе Г.М. Стабилизирующее влияние процессов турбулентного переноса на ионизационную неустойчивость // Физика плазмы. 1984. Т. 5. С. 411.
2. Бондаренко А.В., Голубев В.С., Даныщиков Е.В., Лебедев Ф.В., Рязанов А.В. О влиянии турбулентности на устойчивость // Физика плазмы. 1979. Т. 4. С. 697.
3. Марголин А.Д., Шмелев В.М. К теории вихревого тлеющего разряда // Журнал техн. физики. 1980. Т. 50. С. 745-748.
4. Гупта А., Лилли А., Сайред Н. Закрученные потоки. М.: Мир, 1987. 588 с.
5. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М.: Машиностроение, 1969. 183 с.
6. Райзер Ю.П. Основы современной физики газоразрядных процессов. М.: Наука, 1980. 388 с.

УДК 629.7.036

О.В.Савченко, А.М.Цыганов

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА МАССООБМЕНА В ВИХРЕВЫХ ГОРЕЛКАХ

(Самарский аэрокосмический университет)

Предпринята попытка обобщения большого количества экспериментальных данных по массообмену для вихревых горелок, отличающихся друг от друга степенью закрутки потока, диаметром завихрителя, длиной камеры закручивания. Обобщение осуществлено путем замены характерного размера горелки на длину зоны обратных токов в формуле для времени пребывания. Отражено условие сохранения импульса при рассмотрении эжекции из зоны обратных токов.

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992

Вихревые горелки нашли широкое применение при создании камер сгорания авиационных ГТД. Они позволяют достигать высокой эффективности протекания рабочего процесса, что связано с большой интенсивностью массообмена в закрученном потоке. Вместе с тем дальнейшее совершенствование вихревых горелок предполагает углубленное изучение турбулентного смешения и его моделирование.

В работе предпринята попытка обобщения экспериментальных данных по взаимодействию между зоной обратных токов и основным потоком. Наличие зоны обратных токов в сильно закрученном потоке при степени закрутки $A_r > 0,6 \dots 0,8$ является характерным отличием от прямоструйного течения. Кроме смешения основного потока с окружающим воздухом имеет место интенсивное смешение его с газом зоны обратных токов.

Массообмен в свободной струе определяется условием сохранения количества движения. Эжектирование дополнительной массы из окружающей среды сопровождается снижением средней скорости потока.

Сравнение закрученного и незакрученного потоков [1, 2] показывает как значительно большее приращение расхода, так и более быстрое падение скорости для первого из них. Это позволяет применить условие постоянства количества движения при изучении смешения в закрученном потоке. Условие может быть обнаружено при рассмотрении эжекции из зоны обратных токов. В качестве параметра, характеризующего степень эжектирования, было выбрано статическое давление на оси вихревой горелки.

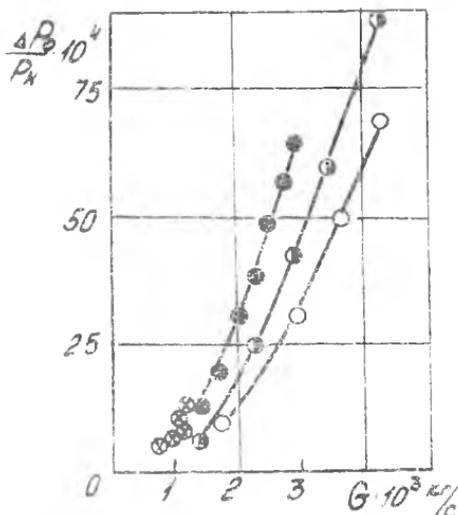
В модели вихревой горелки использовались завихрители со следующими параметрами: $d_3 = 16 \dots 36$ мм — диаметр завихрителя; $L_{кз}/d_3 = 1$ — относительная длина камеры закручивания; $A_r = 2 \dots 16$ — степень закрутки потока, которая вычислялась по формуле

$$A_r = \frac{\pi R z_c \sin \varphi_1}{n F_{\theta x}}$$

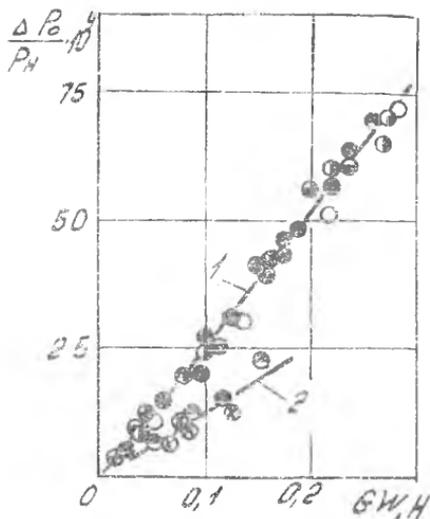
где R — радиус входных каналов; z_c — радиус сопла; φ_1 — угол установки лопаток завихрителя; n — число входных каналов; $F_{\theta x}$ — площадь входного канала.

Замеры статического давления на срезе сопла вихревой горелки на оси закрученного потока приведены на рис. 1. Установлено, что для горелок одного диаметра в диапазонах $A_r = 2 \dots 8$ и $A_r = 12 \dots 16$ разрежение на оси на срезе сопла однозначно определяется количеством движения закрученного потока (рис. 2). При $A_r > 8$ значения

разрежения примерно в два раза ниже, чем при $A_r = 2 \dots 8$. Предположительно это связано с размыканием струи и поступком воздуха в присосевую зону из окружающей среды при степени закрутки потока $A_r > 8$.



Р и с. 1. Влияние степени закрутки потока и режима работы горелки на величину осевого разрежения: $\circ - A_r = 2,3$; $\bullet - A_r = 3,3$; $\ominus - A_r = 6,0$; $\otimes - A_r = 16,0$; $d_3 = 0,016$ м.



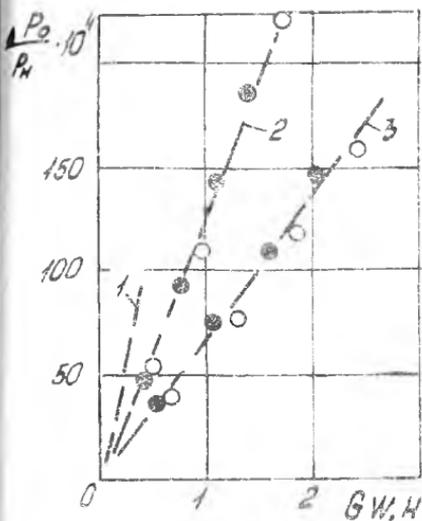
Р и с. 2. Обобщение данных по разрежению на оси вихревой горелки: 1 - $A_r = 2 \dots 8$; 2 - $A_r = 12 \dots 16$; $d_3 = 0,016$ м.

Характер влияния размера вихревой горелки представлен на рис. 3. Видно, что с увеличением диаметра завихрителя эффективность эжектирования значительно снижается. Обобщенно зависимость разрежения на срезе сопла горелки от режимных и геометрических параметров может быть представлена в следующем виде

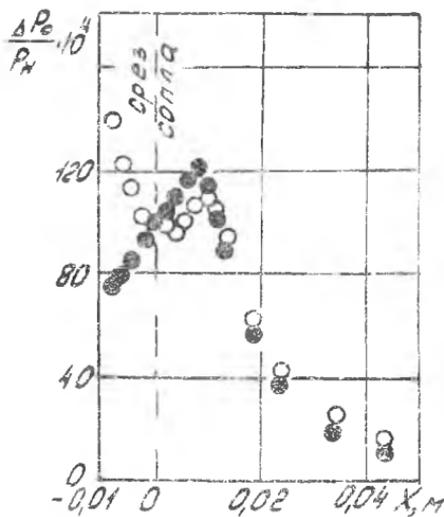
$$\frac{\Delta P_0}{P_H} = 2,6 \cdot 10^{-5} \frac{GW}{R_3^{1,43}}$$

где $\Delta P_0 = P_H - P_0$ - статическое давление на оси вихревой горелки; P_H - атмосферное давление; G - расход воздуха через вихревую горелку; W - среднерасходная скорость; R_3 - радиус завихрителя.

Следует отметить, что на начальном участке закрученной струи точка на оси закрученного потока на срезе сопла является единственной, где совпадают значения Δp_0 (рис. 4).



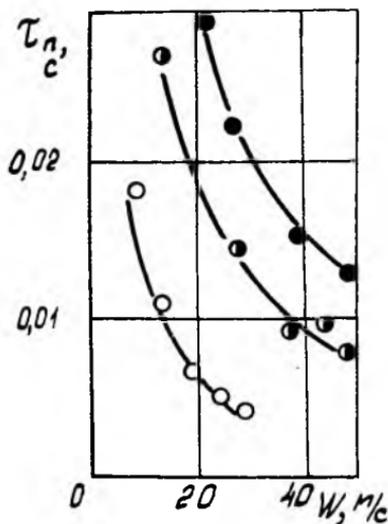
Р и с. 3. Влияние диаметра горелки на разрежение: 1 - $d_3 = 0,016$ м; 2 - $d_3 = 0,026$ м; 3 - $d_3 = 0,036$ м; $A_T = 1,7 \dots 3,3$



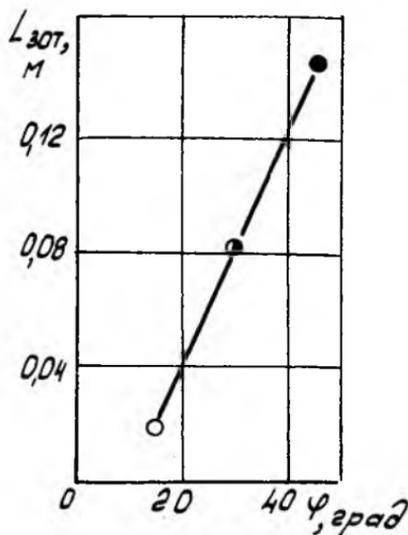
Р и с. 4. Изменение осевого разрежения по длине закрученного потока: $C_r - A_r = 2,3$; $\bullet - A_r = 6,0$; $d_3 = 0,016$ м; $G/W = 0,38$ л/с

Одним из обобщающих параметров, отражающих процесс массообмена, является время пребывания газа в зоне обратных токов. Время пребывания определялось по методике, подробно изложенной в [3]. Экспериментально установлено, что с увеличением угла установки лопаток завихрителя время пребывания газа в зоне рециркуляции вихревой горелки возрастает в несколько раз (рис. 5). Длина зоны обратных токов определялась для изотермического потока. Измерения производились при помощи T -образного пневмоприемника. Результаты представлены на рис. 6.

Обобщение экспериментальных результатов по времени пребывания газа в зоне обратных токов удалось осуществить с использованием в



Р и с. 5. Зависимость времени пребывания от скорости потока и угла установки лопаток завихрителя: \circ - $\psi = 15^\circ$, \circ - $\psi = 30^\circ$, \bullet - $\psi = 45^\circ$, $d_3 = 0,036$ м; $L_{к3} = 0$



Р и с. 6. Влияния угла установки лопаток завихрителя на длину зоны обратных токов: $d_3 = 0,036$ м; $L_{к3} = 0$

качестве характерного размера, оценивающего смещение, длины зоны обратных токов, как например в работе [4], в виде комплекса

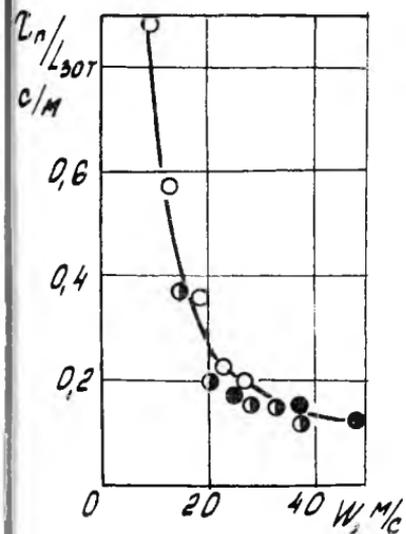
τ_n/L_{30T} (рис. 7) или $Z_L = \tau_n W/L_{30T}$ (рис. 8).

Видно, что значение безразмерного времени пребывания за вихревой горелкой несколько ниже, чем за стабилизатором пламени в виде диска.

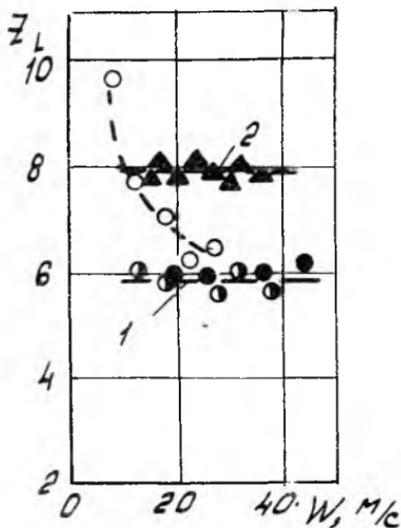
На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

- подтверждена возможность использования интегральных условий сохранения импульса для анализа течения в закрученном потоке;
- установлена корреляция между временем пребывания и длиной зоны обратных токов;

определено, что безразмерное время пребывания в зоне обратных токов в закрученном потоке ниже, чем за стабилизатором пламени в виде диска.



Р и с. 7. Обобщение данных по времени пребывания для вихревых горелок: $\varphi = 15\dots 45^\circ$, $d_3 = 0,036$ м



Р и с. 8. Значение безразмерного времени пребывания в зоне обратных токов для вихревых горелок (1) и дисковых стабилизаторов пламени (2)

Библиографический список

1. Аэродинамика закрученной струи /Под ред. Р.Б.Ахметова. М.: Энергия, 1977. 240 с.
2. Г у п т а А., Л и л л и Д., С а й р е д Н. Закрученные потоки. М.: Мир, 1987. 592 с.
3. А б р а ш и н В.Ю., М е щ е р я к о в В.П., Ц ы г а н о в А.М. и др. Экспериментальное определение времени пребывания газа в зоне рециркуляции вихревых стабилизаторов пламени //Горение в потоке. Казань, 1982. С. 31-35.
4. Б о в и н а Т.А. Исследование обмена между зоной рециркуляции за стабилизатором и внешним потоком и некоторые вопросы стабилизации пламени //Горение при пониженных давлениях и некоторые вопросы стабилизации пламени в однофазных и двухфазных системах. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 58-70.