

К МЕХАНИЗМУ ВЫГОРАНИЯ ТВС ЗА ПЛОХООБТЕКАЕМЫМ ТЕЛОМ В ВИДЕ ОБРАЩЕННОГО УГОЛКОВОГО СТАБИЛИЗАТОРА

Мингазов Б.Г.¹, Сыченков В.А.¹, Мухин А.Н.², Давыдов Н.В.¹,
Мухаметгалиев Т.Х.¹, Халиулин Р.Р.¹

¹КНИТУ-КАИ, г. Казань, steel-toreto@mail.ru

² «ОКБ им. А. Люльки», филиал ПАО «ОДК-УМПО»

Ключевые слова: стабилизация, турбулентное течение, механизм выгорания, интенсивность турбулентности, скорость горения.

Характер обтекания стабилизатора представленный на рисунке 1, указывает на наличие последовательно расположенных за стабилизатором зон обратных токов различной длины, которые аналогичны дорожке Кармана при обтекании цилиндра, устанавливаемого поперёк потока. Поэтому для объяснения динамики выгорания топлива за стабилизатором устанавливаем против потока, следует учитывать характер течения, а именно то, что в следе за стабилизатором образуются вихревые зоны подобны тем, что наблюдаются при обтекании турбулентным потоком цилиндра. В литературе приводятся данные по характеру обтекания цилиндра. Из последних работ следует отметить работу Михеева А.Н. [Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании цилиндра пульсирующим потоком, Диссертация на соискание к.т.н. Казань, КАИ 2017], в которой показано, что до $Re < 300$ устанавливается ламинарный режим течения при обтекании цилиндра. При $Re > 300$ режим устанавливается переходным, в котором происходит переход к турбулентному обтеканию, течение становится трех мерным и продолжается до $Re = 2 \times 10^5$, который считается критическим при котором происходит уменьшение сопротивления давления (кризис сопротивления цилиндра). При $Re > 2 \times 10^5$ образуются более высокое разрежение в кормовой части с нарушением регулярности отрыва вихрей до $Re = 6 \times 10^5$. Долгое время считалось, что в диапазоне высоких Re отрыв вихрей не регулярен, однако в работе А. Рошко (О роли перехода в ближнем следе, 1969 г.) автор отверг это, установив, что при $Re > 3,5 \times 10^6$ в следе за цилиндром существует вполне определённая частота отрыва вихрей. Такая сложная картина сильно влияет на процесс теплоотдачи, значит и на горение параллельно текущих потоков. В нашем случае при скорости набегающего потока $w = 100$ м/с, значение числа Рейнольдса составляет $Re = 4,35 \times 10^6$.

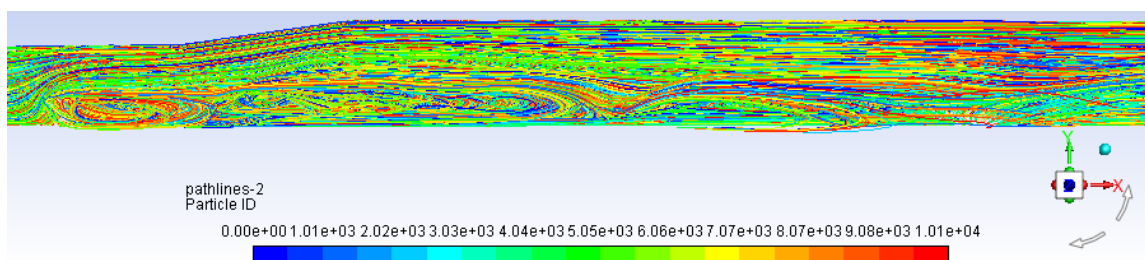


Рисунок 1 - Линии тока с цветовой индексацией по скорости потока, в продольном сечении стабилизатора без перфораций, установленного по потоку, $q=2,28$, $\alpha_x=6,6$

Результаты расчетов показывают, что установка стабилизатора против потока привела к увеличению интенсивности турбулентности " $\epsilon=0,3$ ".

Вышеуказанные мероприятия улучшили смешение топлива с воздухом, и увеличили скорость горения (как турбулентную - U_T так и ламинарную - U_H) так как известно [1-3], что максимальные значения этих скоростей горения наблюдается при приближении коэффициент избытка воздуха к 1 $\alpha=0,9 - 1,0$. Вследствие этого произошло сокращение длины зоны горения, в соответствии с формулой 1.

$$L_{зг} = B \bar{w}_{cp} \frac{l_o}{\epsilon} \ln \left(1 + \frac{w'}{u_H} \right), \quad (1)$$

где ε – интенсивность турбулентности; B – константа [1]; \bar{w}_{cp} – средняя безразмерная скорость потока в зоне [1]; $L_{зг}$ – длина зоны горения; U_n – нормальная скорость распространения пламени; l_0 – Эйлеров масштаб турбулентности; w' – пульсационная скорость.

Установка уголкового стабилизатора против потока позволяет несколько изменить структуру формирования потока в зоне стабилизации пламени и по длине зоны горения, а именно: в зоне стабилизатора перед топливной форсункой образуется зона повышенного давления.

Струи второго контура разделяются на 2 потока при натекании на стабилизатор с образованием двух парных струй. Отклонения этих струй от оси определяется их приближением к стабилизатору и отношением полных напоров второго и первого контуров.

В результате в головной части зоны горения образуется дополнительная (по размеру большая, чем размер полки стабилизатора) зона стабилизации пламени. Картина обтекания стабилизатора становится отличной от картины обтекания потоком стабилизатора, устанавливаемого по потоку.

Дело в том, что картина течения становится подобной обтеканию цилиндра, для которой характерно наличие повторяющихся нескольких срывающихся вихревых зон в следе за стабилизатором. Эти вихревые зоны обязательно вносят изменения в механизм горения за таким стабилизатором. Т.е. по значительной части форсажной камеры за стабилизатором будет происходить обмен (взаимовлияние) вихревых зон и гладкого течения реагирующего потока.

Это обстоятельство требует тщательного изучения с целью выяснения положительных эффектов этого взаимодействия на процесс горения.

Список литературы

1. Талантов, А.В. Основы расчета простейшей прямоточной камеры сгорания / Изв. Вузов «Авиационная техника». - 1958. - №3. - С 95-104.
2. Щелкин, К.И. Физика микромира [Текст] / К.И. Щелкин // Издание третье. - Москва: Атомиздат. - 1968. - 245 с.
3. Талантов, А.В. Основы теории горения [Текст] / А.В. Талантов. - Казань: Изд.-КАИ им. А.Н. Туполева. - 1975. - 252 с.

TO THE MECHANISM OF FUEL-AIR MIXTURE BURNOUT BEHIND A BLUFF BODY IN THE FORM OF AN INVERTED ANGLE STABILISER

Mingazov B.G.¹, Sychenkov V.A.¹, Mukhin A.N.², Davydov N.V.¹,
Mukhametgaliev T.K.¹, Khaliulin R.R.¹

¹ Kazan national research technical university named after A.N. Tupolev – KAI,
Kazan, Russian Federation, steel-toreto@mail.ru

² Experimental Design Bureau named after. A. Lyulka (branch of PJSC "UEC-UMPO"),
Moscow, Russian Federation

Keywords: stabilization, turbulent flow, burnout mechanism, compliance with turbulence, burning rate.

The mechanism of fuel-air mixture burnout behind a bluff body in the form of an inverted angular stabilizer is described. The calculated picture of the flow behind the corner stabilizer installed against the flow is presented. The calculation results show that such a position of the stabilizer leads to increase in the intensity of turbulence and, as a result, to an improvement in the preparation of the mixture and an increase in the combustion rate.