

ного режима течения и (I) для ламинарного. Это позволяет в первом приближении оценивать изменение температуры при смешении вращающихся струй в каналах.

Библиографический список

1. Волчков Э.П. Пристенные газовые завесы /Отв. ред. В.П.Лебедев. Новосибирск: Наука, 1983.
2. Лянэ Р., Иванов Ю. Развитие и перемешивание осевой струи в осесимметричном закрученном потоке //Изв. АН Эст. ССР. Сер. Физика. Математика. 1971. Т. 20. № 1. С. 58-65.
3. Сухович Е.П. Экспериментальное исследование струйного смешения в ограниченном закрученном потоке //Изв. АН Латв. ССР. Сер. Физ. и техн. наук. 1975. № 2. С. 57-63.

УДК 532.525.2

А.Н.Софронов

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗАКРУЧЕННОЙ СТРУИ, ИСТЕКАЮЩЕЙ В СНОСЯЩИЙ ПОТОК

(Рыбинский авиационный технологический институт)

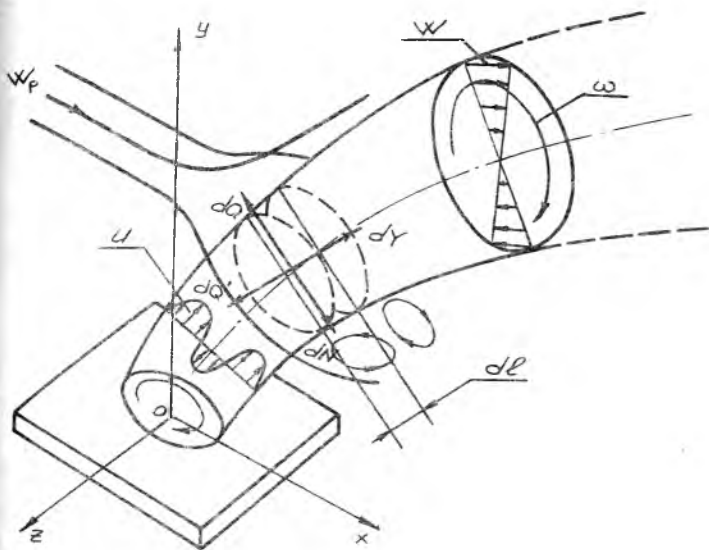
Рассматривается математическая модель истечения закрученной струи в сносящий поток, позволяющая рассчитать форму траектории оси струи. Показана роль закрутки в характере распространения струи. Приведены результаты расчетов.

Закрученная струя, вдуваемая в сносящий поток, может найти применение в качестве аэродинамического стабилизатора, поэтому определение глубины ее проникновения и формы траектории является актуальной задачей [1, 4, 5, 7].

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992

Нетрудно заметить, что на элемент закрученной струи, распространяющейся в сносящем потоке, будет действовать пара взаимно перпендикулярных сил, уравновешенных центробежными силами (рис. I).



Р и с. I. Элемент закрученной струи

Будем считать действие этих сил независимым. Тогда условие радиального равновесия элемента струи dl в направлении X записывается [1] как

$$dN = -dQ, \quad (I)$$

где $dN = c_n \rho_w \frac{W_0^2}{2} \theta \sin^2 \alpha dl,$

$dQ = \frac{U^2}{R} \Delta M$ - аэродинамическая и центробежная силы.

Для закрученной струи поток газа, проходящий через поперечное сечение, определится [3] как

$$G = \int_S \rho_u U dS = S U_m \rho_u K_1,$$

где $K_1 = \int_0^1 \frac{U}{U_m} \eta d\eta$; $\eta = \frac{y}{b}$,

тогда $dQ = \frac{\rho_U S_U}{R} [U_m K_1]^2 dl$.

Подставляя выражение для сил в равенство (I), получим

$$R c_n \rho_w \frac{W_p^2}{2} b \sin^2 \alpha = -\rho_U S_U [U_m K_1]^2 \quad (2)$$

Известно, что радиус кривизны равен

$$R = \frac{(1 + y_x'^2)^{1,5}}{y_x''}, \quad \text{а} \quad \sin \alpha = \frac{y_x'}{\sqrt{y_x'^2 + 1}}$$

Будем считать, что

$$\rho_U S_U [U_m K_1]^2 \sin \alpha = \rho_{U0} S_{U0} [U_{m0} K_1]^2 \sin \alpha_0 = \text{const.}$$

Ширина струи определится [I] как

$$b = 2,25 d_0 + 0,22 x.$$

Однако для закрученной струи полуугол может быть найден из условия

$$[2] \quad \alpha_1 = 4,8 + 145,$$

где $S = \frac{W_{m0}}{2U_0 - W_{m0}}$,

тогда $b = 2,25 d_0 + 2x \operatorname{tg} \alpha_1$.

Под воздействием бокового потока сечения струи приобретает форму эллипса с толщиной δ_0 ; тогда $\delta_0 = 0,45 d_0$ [I].

Произведем замену переменной $z = y'$ и перепишем выражение (2) в следующем виде:

$$\frac{dz}{z^3} = - \frac{K}{1,57 \delta_0} (\delta_0 + 0,4 \operatorname{tg} \alpha_1) dx,$$

где

$$K = \frac{c_n \rho_w W_p^2}{\rho_{U0} \delta_0 [U_{m0} K_1]^2 \sin \alpha_0}$$

При $\alpha_0 = \pi/2$ интегрирование дает

$$y = \left(\frac{1}{a}\right)^{0,45} \operatorname{erf} \left\{ \frac{2[a(ax^2 + 1,27Kx)]^{0,45} + 2ax + 1,27K}{1,27K} \right\}, \quad (3)$$

где значение K_1 определим из условия [2]

$$U/U_m = \exp(-K_u \xi)^2,$$

где $K_u = 92/(1+65)$, $\xi = r/(x+a_1)$,

причем $a_1 = 2,3d_0$ и не зависит от закрутки, а r изменяется от 0,075 до 0,15 при изменении закрутки. Тогда в сопловом сечении ($x = 0$).

$$K_1 = \left\{ \exp - \left(\left[92/(1+65) \right] (r/a_1)^2 \right) \right\} / 2.$$

Наличие окружной составляющей скорости приводит к возникновению дополнительной силы, определяемой [6]

$$Y = \rho_w W_p 2\pi R_u^2 \omega.$$

Условие равновесия элемента струи определится

$$dY = -dQ', \quad (4)$$

где

$$dY = \rho_w W_p 2\pi R_u^2 \omega \sin \alpha \, dl,$$

$dQ' = \rho_w S_u [U_m K_1]^2 dl / R$ - сила Магнуса и центробежная сила.

Пространственное распределение осредненных по времени значений окружной скорости запишем в виде [2]

$$W_m / W_{m0} = K_2 f_2^{-1/2} \left[d/(x+a_1) \right]^2,$$

где $K_2 = 5,3$, а f_2 изменяется от 1 до 0,735.

Произведем замену переменной $q = y/z$ и перепишем (4) в следующем виде

$$\frac{dq}{q+q^3} = -Adz,$$

где $K_1' = \frac{\rho_w W_p}{\rho_{u0} d_0 [U_{m0} K_1]^2 \sin \gamma_0}$,

$$A = \frac{8(d_0/2 + x \tan \alpha_1) W_{m0} K_2 f_2^{-1/2} \left[d/(x+a_1) \right]^2 L K_1'}{d_0}.$$

Интегрирование при $\gamma_0 = \pi/2$ дает

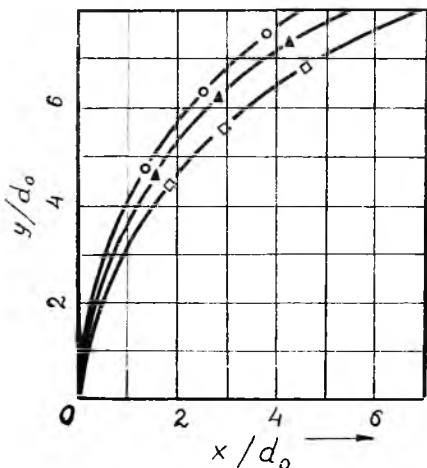
$$y = \frac{1}{A} \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{1}{e^{-2AZ} - 1} \right) \right],$$

тогда

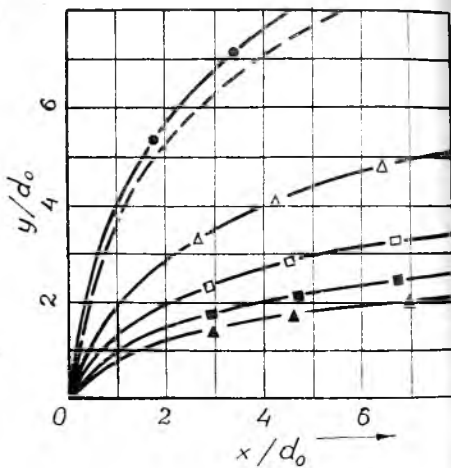
$$Z = -\frac{1}{2A} \ln \frac{1}{1 + \operatorname{tg} YA}$$

Таким образом, уравнения (3) и (5) позволяют описать форму траектории закрученной оси в пространстве.

Результаты расчетов выполненные на ЭВМ, представлены на рис. 2 и 3. Расчеты показали, что отклонение оси струи в направлении оси Z примерно на два порядка менее значительно, чем вдоль оси X .



Р и с. 2. Расчетные характеристики струи: $q = \rho_0 u^2 / \rho_0 \sqrt{2} =$
 $= 11,867; \circ - S = 0,368; \blacktriangle - 1,0; \diamond - 2,714$



Р и с. 3. Расчетные характеристики струи: $S = 0,625, \bullet - \sqrt{q} =$
 $= 11,867; \Delta - 5,934; \square - 3,956;$
 $\blacksquare - 2,967; \blacktriangle - 2,373;$
 $--- S = 0, \sqrt{q} = 6$ по [4]

Библиографический список

1. Теория турбулентных струй / Г.Н.Абрамович, Т.А.Гиршович, С.Ю.Крашенинников и др. / Под ред. Г.Н.Абрамовича. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1984. 716 с.
2. Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки. М.: Мир, 1987. 588 с.
3. Абрамович Г.Н., Крашенинников С.Ю., Секунцов А.Н. Турбулентные течения при воздействии объемных сил и неавтомоделности. М.: Машиностроение, 1975. 96 с.
4. Шец Д. Турбулентное течение. Процессы вдува и перемешивания. М.: Мир, 1984. 247 с.
5. Адлер Д., Барон А. Расчет трехмерного течения круглой струи в поперечном потоке // РТК. 1979. № 2. Т. 17. С. 53-60.
6. Аэродинамика в вопросах и задачах / Н.Ф.Краснов, В.Н.Кошевой, А.Н.Данилов и др.; Под ред. Н.Ф.Краснова. М.: Высш. шк., 1985. 759 с.
7. Шандоров Г.Н. Расчет оси в сносящем потоке // Изв. вузов. Авиат. техника. 1966. № 2. С. 100-104.

УДК 66.023:66.094.412:532.527

Я.А.Сваровский

ПРОЦЕССЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГОРЕНИЯ
В ВИХРЕВЫХ ПОТОКАХ

(Сибирский филиал ВНИИМ)

Предпринята попытка сформулировать специфические особенности процесса фторирования элементарным фтором оксидов урана, циркония в вихревых потоках как химико-технологического приема в горении и обсудить некоторые особенности процесса.

ISBN 5-230-16926-5

Вихревой эффект
и его применение в технике.
Самара, 1992