

А.Н.Штым, В.А.Упский

ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОБЩЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА
ПРИ ВИХРЕВОМ ЭНЕРГОРАЗДЕЛЕНИИ В АДИАБАТНЫХ УСЛОВИЯХ

В качестве объекта исследования использовалась адиабатная цилиндрическая противоточная ВТ внутренним диаметром 66 мм. Определение интегральных параметров потока производилось при следующем их изменении:

$$\begin{aligned} \mu &= 0-1; & \pi &= 2-5; & \bar{d}_\Delta &= 0,3-0,9; & \bar{F}_c &= 0,081-0,1547; \\ \frac{\mu}{L} &= 9-21. \end{aligned}$$

Измерения производились в восьми сечениях вихревой камеры (ВК) с использованием шарового пятиканального зонда и датчика температуры торможения.

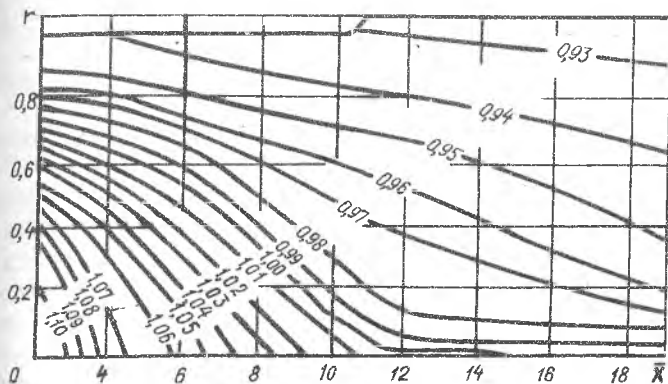
В программу обработки показаний вторичных приборов включена методика [1] учета влияния градиентности параметров закрученного потока. Пренебрежение при измерениях градиентами статического давления и полного вектора скорости в радиальном направлении приводит к ошибке определения избыточного статического давления более чем на 20%, окружной скорости на 4% и радиальной более чем на 100%.

Профили угловой скорости вращения потока свидетельствуют о преобладании области квазитвердого вращения только при малых μ . С ростом μ становится преобладающей область квазипотенциального вращения. Зафиксирована сравнительно протяженная зона перехода от квазипотенциального к квазитвердому вращению. В связи с этим, при анализе вихревого эффекта представляется целесообразным обобщение опытных данных по W_φ в виде непрерывного профиля [2].

Осевая составляющая скорости увеличивается в 4-5 раз при изменении μ от 0 до 0,81. Отмечено возникновение вторичного приосевого течения, усилению которого способствует удаление спрямляющей крестовины, сокращение длины ВК, увеличение диаметра диафрагмы и уменьшение площади соплового ввода. Наибольшая интенсивность приосевого течения наблюдалась в режиме реверса, воспроизведенного в опытах при $\bar{d}_\Delta = 0,9$.

По нашему мнению, влияние вторичного течения на периферийный и приосевой потоки является причиной реверса вихревого эффекта.

Предложенная ранее [3] термодинамическая модель вихревого эффекта и методика обобщений интегральных характеристик позволила произвести увязку интегральных и осредненных параметров потока. Использование величины показателя политропы n для обобщения данных в виде изолиний $n = idem$ наглядно иллюстрирует характер энергопревращений в объеме ВК (рис. 1).



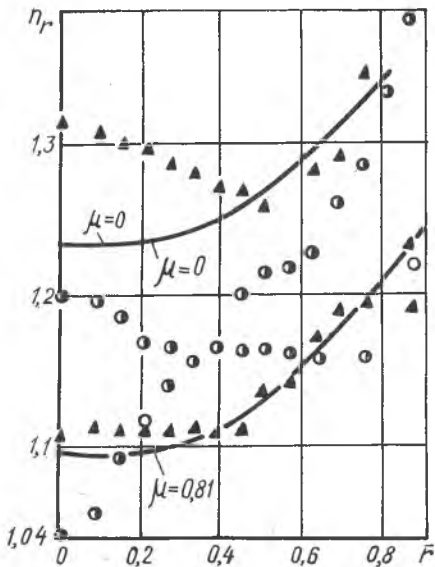
Р и с. 1. Распределение изолиний показателя политропы n в объеме ВК: $\mu = 0,3$; $\pi = 2,85$; $d_A = 0,508$; $F_c = 0,0921$; $L = 21$

Увеличение μ приводит к сокращению зоны $n > 1$, а режим реверса характеризуется расширением этой зоны по мере удаления от присоплового сечения и преобладанием ее в большей части ВК. Получено соответствие профилей n с данными термодинамического обобщения интегральных параметров ВТ, обобщенных для короткой ($L = 9$) ВТ с крестовиной:

$$\Delta n_x = n_x - 1 = 0,3232 \cdot 0,9015^{\pi} (1 - \mu)^{0,228 - 0,0302 \pi} \mu; \quad (1)$$

$$\Delta n_r = 1 - n_r = 1,78 (1 - \mu)^{3,055} \mu. \quad (2)$$

В известных аналитических решениях по вихревому эффекту величина показателя политропы n_x процесса расширения в радиальном направлении, как правило, принималась постоянной и равной показателю адиабаты K . Полученные нами опытные данные свиде-



Р и с. 2. Сопоставление профилей $n_r = f(\bar{r})$ для различных μ : $\bar{r} = 4$; $\sigma_{\Delta} = 0,508$; $\bar{r}_c = 0,0921$; $L = 9$; $\circ - \bar{x} = 2,42$; $\Delta - \bar{x} = 7,1$

мерах. Расчетные зависимости для составляющих вектора скорости, статического давления и температуры согласуются с опытными данными. Из анализа профилей турбулентной вязкости $\bar{\nu}_T = f(\mu, \bar{r})$ следует явное смещение максимумов $\bar{\nu}_T$ к оси с ростом μ . Это согласуется с картиной распределения $n = idem$ и предположением о том, что внутреннее тепловыделение является определяющим фактором энергоразделения в существующих вихревых устройствах [3].

В целом термогазодинамическое обобщение опытных данных позволяет рекомендовать физически обоснованную методику инженерного расчета ВТ.

Л и т е р а т у р а

1. Рудницкий В.А., Упский В.А. Некоторые особенности измерения параметров закрученного потока. - Тезисы докладов XXV научной конференции ДВНИ. - Владивосток, 1978, с. 120.

тельствуют об изменении n_r по радиусу камеры и его существенной зависимости от μ . На рис. 2 представлено сопоставление опытных данных с эмпирической зависимостью, полученной в виде

$$n_r = 1,235 - 0,05517\mu^2 - 0,12137\mu + 0,2315\bar{r}^2 - 0,0521\bar{r}, \quad (3)$$

где $\bar{r} = \frac{r}{r_0}$ - относительный радиус.

Газодинамическое обобщение опытных данных выполнено с привлечением результатов термодинамического анализа. При этом использовался подход [2], оправдавший себя при обобщении осредненных параметров закрученного потока в циклонно-вихревых ка-

2. Ш т ы м А.Н. К определению касательного напряжения трения во вращающемся потоке газа. - В сб.: Некоторые вопросы исследования вихревого эффекта и его промышленного применения. - Куйбышев, 1974.
3. Ш т ы м А.Н., У п с к и й В.А. Термодинамический анализ вихревого эффекта Ранка-Хилша. - В сб.: Эффективность теплоэнергетических процессов. - Владивосток, 1976, с.159-170.

УДК 532.527

А.Н.Штым, В.А.Рудницкий

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИСТЕННОЙ ЗОНЫ ТЕЧЕНИЯ ВИХРЕВЫХ УСТРОЙСТВ

П р и н я т ы е о б о з н а ч е н и я

R, L, r_n - внутренний радиус, длина и радиус диафрагмы вихревой камеры; $A = F_{вх}/2\pi RL$ - относительная площадь входа; h - высота сопла; X - продольная координата, отсчитанная от плоскости среза сопла в окружном направлении; U, r - текущее значение окружной составляющей скорости и радиуса; $U_g = U_g, r_g$ - окружная составляющая скорости и соответствующий радиус на границе пограничного слоя по условию $d(Ur)/dr=0$; $Re_R = U_{g0}R/\nu$ - критерий Re_R на входе потока в пристенную зону; $C_f = 2\tau_w/\rho_g U_g$ - местный коэффициент поверхностного трения.

Течение в пристенной зоне ВК определяется конструкцией соплового аппарата и влиянием поверхностных сил трения на процесс слияния входящей струи с вращающимся в камере потоком.

В работе [1] было обосновано деление закрученного потока в камере на две зоны: пристенную и ядро потока - с привлечением критерия устойчивости Рэлея. За границу пристенной зоны принималась поверхность, определяемая из условия максимума циркуляции тангенциальной составляющей скорости. Такой подход явился основой