

В.В.Бирюк, Г.С.Плюхин,
Г.А.Смоляр, В.М.Сукчев

ВЛИЯНИЯ МАСШТАБНОГО ФАКТОРА, ДАВЛЕНИЯ
И ТЕМПЕРАТУРЫ ВХОДЯЩЕГО ГАЗА
НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

Для оценки характеристик ВТ в [1] было предложено использовать относительную температуру холодного потока $\theta = \frac{T_x}{T_c}$. Эта величина подсчитывается теоретически с использованием предпосылок гипотезы взаимодействия вихрей и легко определяется экспериментально. Зная относительную температуру холодного потока, можно определить температурную эффективность и значения других видов к.п.д., характеризующих ВТ как источник холода.

После проведения большого количества экспериментов для ВТ, работающей за счет скоростного напора воздуха, набегающего на самолет [2, 3], получены значения $\theta_{\pi, \mu} = f(\pi, \mu)$ при значительном изменении параметров воздуха на входе. За базовый вариант принята 24-мм цилиндрическая ВТ конструкции А.П.Меркулова с крестовиной на горячем конце и оптимальной относительной площадью сопла $f_c = 0,2$ в исследуемом диапазоне изменения входного давления ($0,3 \leq p_1 \leq 0,01$) МПа. При изменении степени расширения воздуха $\pi = 1,05-9$ и доли холодного потока $\mu = 0,2 \pm 0,8$ значения относительной температуры холодного потока определяются по выражению

$$\theta_{\pi, \mu} = 1,0277704 - 0,06452358\pi + 0,0033602791\pi^2 + \\ + \mu(-0,02886561 + 0,047720934\pi - 0,00210673\pi^2),$$

которое получено аппроксимацией экспериментальных зависимостей методом наименьших квадратов.

Расхождение расчетных и экспериментальных данных находится в пределах 7%. Как указывалось в [1], уменьшение масштаба ВТ вызывает повышение температуры холодного потока за счет влияния пристенного вихря диафрагмы, расход воздуха по которому становится соразмерим с расходом холодного. Увеличение относительной температуры холодного потока при уменьшении диаметра ВТ с 24 до 8 мм подсчитывается по уравнению аналогичному в [1]:

$$\theta_{\pi, \mu, d} = \theta_{\pi, \mu} [1 + \{0,36 + (\pi - 4,2) \cdot 0,06\} (0,024 - d)].$$

Здесь диаметр ВТ d подставляется в метрах. При уменьшении диаметра ВТ с 8 до 2 мм характеристики охлаждающего устройства резко ухудшаются, и их расчет можно проводить по выражению

$$\theta_{\pi, \mu, d} = \theta_{\pi, \mu, 0,008} + \Delta\theta_{d=0,002-0,008},$$

где
$$\Delta\theta_d = \theta_{\pi, \mu, 0,008} \{4,6 + [(\pi - 4,2) 0,1]\} (0,008 - d).$$

Плотность входящего в ВТ воздуха оказывает влияние на относительную температуру холодного потока. Это отмечалось в [1, 2, 3, 4]. Но давление и температура воздуха влияют взаимно противоположно на характеристики ВТ.

Уменьшение уровня давлений при постоянной степени расширения вызывает увеличение относительной температуры холодного потока, а увеличение температуры воздуха на входе в сопло ВТ — уменьшение. При уменьшении давления холодного потока ВТ p_x от 0,1 до 0,005 МПа необходимо учитывать поправку на давление:

$$k_p = 0,81609 + 0,33779 p_x \cdot 10^{-5} - 0,1576 (p_x \cdot 10^{-5})^2,$$

где давление подставляется в Па, и относительная температура холодного потока в этом случае определится по выражению

$$\theta_{\pi, \mu, d, p} = 1 - k_p (1 - \theta_{\pi, \mu, d}).$$

Изменение температуры входящего воздуха в диапазоне $T_i = 300-450\text{K}$ вызывает изменение относительной температуры:

$$\Delta\theta_T = 0,07 \left(\frac{T_i - 300}{150} \right).$$

Значение относительной температуры холодного потока с учетом температурной поправки

$$\theta_{\mu, \pi, d, p, T} = \theta_{\mu, \pi, d, p} - \Delta\theta_T.$$

С учетом всех поправок при расчете ВТ, работающих в диапазоне режимов полета самолета $H = 0-20000$ м и $M = 0,5-3,0$, можно рассчитать их характеристики, используя приведенные выше зависимости:

$$\theta_{\mu, \pi, d, p, T} = 1 - k_p (1 - \theta_{\pi, \mu, d}) - 0,07 \frac{T_i - 300}{150}$$

Точность расчета по этой формуле оценивается в 16%.

Л и т е р а т у р а

1. М е р к у л о в А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969, 183 с.
2. М е р к у л о в А.П., Б и р ю к В.В. Вопросы применения вихревых охлаждающих устройств в авиационной технике и технологии. - В сб.: Вихревой эффект и его применение в технике. - Куйбышев, 1976, с. 171-176.
3. К о л ы ш е в Н.Д., Б и р ю к В.В., И з а к с о н Г.С., В о л о в В.Т. Экспериментальное исследование вихревых труб при работе ~~их~~ от набегающего потока. - В сб.: Вихревой эффект и его применение в технике и технологии. - Куйбышев: КуАИ, с. 176-180.
4. Ч и ж и к о в Ю.В. Определение диаметра вихревой трубы в зависимости от степени расширения. - Изв. вузов. - М.: Машиностроение, 1972, № 7.

УДК 621.43.46

В.Т.Волов

ВЛИЯНИЕ ДИФфуЗОРОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙСЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

Современный уровень развития техники предъявляет жесткие требования к применяемым холодильным устройствам. Этим требованиям отвечает вихревая самовакуумирующаяся труба (СВТ). Вопросу исследования энергетических характеристик СВТ посвящены работы [2, 3, 4], авторы которых подчеркивают, что работа СВТ во многом определяется качеством раскруточного диффузора. Экспериментальное исследование СВТ с профилированными диффузорами [2] выявило возможность уменьшения габаритов вихревого устройства за счет профилировки диффузоров по закону $dp/dr = const$. При работе СВТ на самолете рабочим телом может служить набегающий поток. При этом полное давление на входе в СВТ может быть меньше $p_i^* < 10^5 \text{ Па}$, т.е. газ разрежен. Вопросу экспериментального исследования характеристик СВТ при работе на разреженном газе и посвящена настоящая работа.