

$D_g = D_k$, то здесь, вследствие уменьшения площади сечения, очевидно $\lambda > \lambda_g$ и $P < P_g$. Т.е. это место самого низкого давления на входе в диффузор и при определенных соотношениях потерь и размеров D_k и v_g оно может стать критическим, определяющим величину расхода G_g газа через СВТ.

Используя данную методику, был проведен расчет СВТ, имеющей следующие исходные данные:

$$\text{Газ-воздух } (k=1,4, R_r=288 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}); P_c^*=0,4 \cdot 10^5 \text{ Па}; T_c^*=445 \text{ К};$$

$$P_g=0,0275 \cdot 10^5 \text{ Па}; P_n=0,055 \cdot 10^5 \text{ Па}; \lambda_c=1; F_c=0,24 \text{ см}^2;$$

$$D_k=30 \text{ мм}; d=18 \text{ мм}; D_g=50 \text{ мм}; l=90 \text{ мм}; v_g=2 \text{ мм}.$$

В результате расчета получены следующие данные. $M_{пр}=0,85 \text{ Мс}$, причем 80% составляют потери на трение на поверхности Б.

Коэффициент $\sigma_k = 0,1$ (при $\sigma_{ск} = 0,95$). Приведенная скорость $\lambda_g = 0,7$, соответственно $C_g = 245 \text{ м/с}$, $C_{g,u} = 35 \text{ м/с}$, $P_g^* = 0,037 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Таким образом, потери на трение в СВТ могут быть чрезвычайно большими, что вызвано существенным влиянием трения на ее характеристики. В частности, при расчете диффузора СВТ без учета этих потерь могут быть допущены количественные и качественные ошибки.

Л и т е р а т у р а

1. Наталевич А.С. Воздушные микротурбины. - М.: Машиностроение, 1979.
2. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969.
3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. - М.: Наука, 1976.
4. Блатов А.Г. Мощность дискового трения в микротурбинах. - В сб.: Вопросы микроэнергетики. - Куйбышев: КуАИ, 1965, вып. XXII.

УДК 533.601.16

В.И. Кузнецов

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА НА ВХОДЕ В ВИХРЕВУЮ ТРУБУ
НА ЕЕ ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Исследование зависимости температурной эффективности ВТ от температуры газа на входе в тангенциальное сопло проводилось неоднократно [1, 2, 3]. Результаты экспериментальных исследований давали зачастую противоречивые результаты. Основной задачей данной работы является попытка

теоретического и экспериментального обоснования зависимости эффекта охлаждения газа в ВТ от его температуры на входе.

Эффективность противоточной ВТ зависит от двух противоположных факторов [4]:

охлаждения осевых слоев газа за счет передачи ими энергии периферийным слоям;

подогрева осевых слоев газа за счет подвода тепла от периферийных слоев.

Совокупность этих двух факторов дает эффект охлаждения газа на выходе из диафрагмы.

Температура осевых слоев газа при движении от дросселя к диафрагме падает из-за совершения ими работы над периферийными слоями. Количество энергии, подводимое от осевых слоев газа к периферийным, зависит от перепада давлений на участке движения газа от дросселя до диафрагмы и может быть определено по формуле

$$L = -\frac{\kappa}{\kappa-1} R T_{or} \left[\left(\frac{P_{cr}}{P_{or}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right], \quad (1)$$

где κ - показатель адиабаты;

R - газовая постоянная;

T_{or} - полная температура газа перед дросселем;

P_{ox} - полное давление газа перед диафрагмой;

P_{cr} - полное давление газа перед дросселем.

Вследствие того, что осевые слои газа совершают работу, их полная температура падает. При этом зависимость между полной температурой и полным давлением имеет вид [5]

$$\frac{T_{ox}}{T_{or}} = \left(\frac{P_{ox}}{P_{or}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}. \quad (2)$$

Одновременно с охлаждением осевых слоев из-за передачи ими энергии периферийным слоям идет их подогрев за счет подвода тепла от периферийных слоев газа. Тепловой поток от периферии к оси образуется из-за разности термодинамических температур. Так как массообмен между осевыми и периферийными слоями газа отсутствует [5], то расчет теплообмена между ними можно вести по формулам для турбулентного течения потока жидкости в трубах через стенку нулевой толщины. Количество тепла, отводимого от периферийных слоев газа [5],

$$Q = K F_{cp} (T_{1cp} - T_{2cp}), \quad (3)$$

где K - коэффициент теплопередачи при вращательном движении;

F_{cp} - площадь соприкосновения периферийных и осевых слоев газа;

T_{1cp} - средняя термодинамическая температура периферийных слоев газа;

T_{2cp} - средняя термодинамическая температура осевых слоев газа.

Таким образом, охлаждение осевых слоев газа ($\Delta t_{окл} = T_{0r} - T_{02}$) за счет передачи энергии периферийным слоям и подогрев ($\Delta t_{п} = T_{0x} - T_{02}$) за счет теплового потока от периферийных слоев дают эффект охлаждения газа на выходе из диафрагмы ВТ:

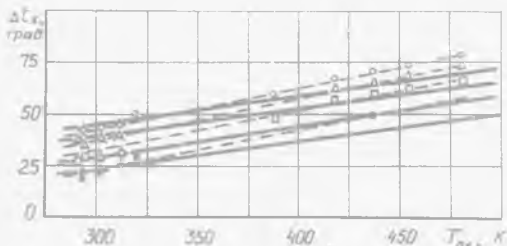
$$\Delta t_x = \Delta t_{окл} + \Delta t_{п} \quad (4)$$

Величина полной температуры газа на входе в тангенциальное сопло (T_{01}) оказывает существенное влияние на температурную эффективность Δt_x (рис. 1). Объясняется это тем, что с ростом T_{01} пропорционально растет предполагаемая работа осевых слоев газа, растет и полная температура газа перед дросселем (T_{0r}).

В соответствии с формулой (2) при постоянстве отношения давлений P_{0x}/P_{0r} рост T_{0r} приводит к росту температуры T_{02} и перепаду температуры ($\Delta t_x = T_{0r} - T_{02}$).

В результате этого рост температуры газа на входе в ВТ при постоянстве всех других параметров приводит к росту температурной эффективности. Исследования проводились экспериментальные [1, 2, 4] и теоретические [6, 7]. На рис. 1 нанесены расчетные кривые $\Delta t_x = f(T_{01}, \mu)$ для $\mu = 0,3; 0,5; 0,6; 0,8$ и экспериментальные точки. Из сравнения расчетных кривых и экспериментальных точек видно, что в области умеренных температур на входе в ВТ $T_{01} = 250...350$ К совпадение расчетов с экспериментом удовлетворительное. В области $T_{01} = 400...500$ К наблюдается расхождение расчетных кривых и экспериментальных точек. Наблюдаемое расхождение объясняется следующим. На рис. 1 расчетные кривые нанесены для адиабатной ВТ. Экспериментальная ВТ [2] была покрыта специальной изоляцией, чтобы получать экспериментальные точки для адиабатной ВТ. В области умеренных температур на входе в ВТ $T_{01} = 250...350$ К температура газа на выходе из дроссельного крана не превышала величины $T_{0r} = 350...450$ К. В этих условиях теплоизоляция работала хорошо и ВТ была адиабатной.

Повышение температуры воздуха на входе в ВТ до величины $T_{01} = 400...500$ К привело к повышению температуры воздуха на выходе из дроссельного крана до величины $T_{0r} = 600...700$ К. В таких температурных усло-



Р и с. 1. Влияние полной температуры газа на входе в тангенциальное сопло на температурную эффективность ВТ при различных μ : Δ - расчетные данные по методике автора, \square - $\mu = 0,3$; \triangle - $\mu = 0,5$; \square - $\mu = 0,6$; \ast - $\mu = 0,8$ - экспериментальные данные В.М.Бродянского и А.В.Маргуйнова

виях теплоизоляции работала плохо [2] (пропускала тепловой поток) и, следовательно, происходило падение $T_{ог}$, а ВТ стала неадиабатной. Понижение температуры горячего потока на выходе из дроссельного крана $T_{ог}$ приводит к повышению температурной эффективности ВТ.

Следовательно, недостаточная изоляция привела к изменению угла наклона экспериментальной кривой $\Delta t_x = f(T_{ог}, \mu)$ и расхождение ее с расчетной кривой $\Delta t_x = f(T_{ог}, \mu)$ в области повышенных значений температуры воздуха на входе в ВТ.

Таким образом, температурная эффективность вихревой трубы Δt_x прямо пропорциональна температуре газа на входе в вихревую трубу при постоянстве всех других параметров.

Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969.
2. Бродянский В.М., Мартынов А.В. Зависимость эффекта Ранка-Хилша от температуры. - Теплоэнергетика, 1964, № 6.
3. Чижиков Ю.В., Воронин В.Г., Опарина М.И. Разработка стандартной методики расчета адиабатной вихревой трубы. - Материалы III Всесоюзной конференции по вихревому эффекту. - Куйбышев, 1981, с. 31-33.
4. Кузнецов В.И. К вопросу о взаимодействии периферийных и осевых слоев газа в противоточной вихревой трубе. - Изв. вузов, Машиностроение, 1972, № 10.
5. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. - М.: Наука, 1976.- 888 с.
6. Кузнецов В.И. Метод расчета теплообмена в вихревой трубе. - Материалы III Всесоюзной конференции по вихревому эффекту. - Куйбышев, 1981, с. 36-38.
7. Кузнецов В.И. Методика расчета вихревой трубы. - Труды I Всесоюзной конференции по вихревому эффекту. - Куйбышев: КуАИ, 1974.

УДК 621.7.02

А.П.М е р к у л о в

ГАЗОДИНАМИКА ВИХРЕВОЙ МОЩЕЙ ГОЛОВКИ

Специфические свойства круговых потоков газа: высокие окружные скорости течения в замкнутом объеме, радиальный градиент статического давления, интенсивное спиральное течение к оси потока пограничного слоя - могут с успехом использоваться для обработки плоских или слабо искривленных поверхностей (мойка различными растворами, полировка, электрохимическая