

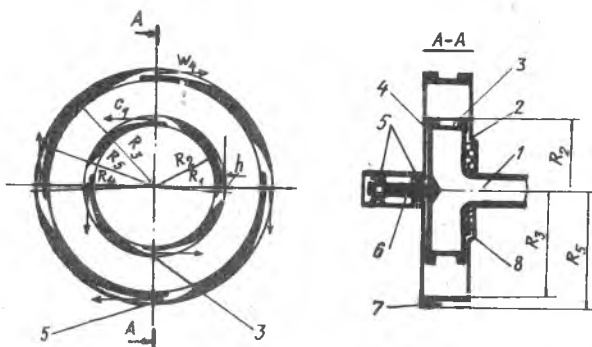
3. Т а л а н т о в А.В. и др. Некоторые особенности смесеобразования системы хордальных струй. - Изв. вузов СССР.Авиационная техника, 1977, № 1.
4. С п и р и д о н о в Ю.А. и др. Смешение хордальных струй. - Деп. рукопись № 25, Информэнергомаш, 1979.
5. С п и р и д о н о в Ю.А. К расчету теплоэнергетических устройств, реализующих способ смешения на хордальных струях. - Изв. вузов СССР. Энергетика, 1978, № 6.
6. И д е л ь ч и к И.Е. Гидравлические сопротивления. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1967.

УДК 621.541:662.951

В.П.Мартинайтис

ОСОБЕННОСТИ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СОПЛОВОЙ МИКРОТУРБИНЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В настоящей статье рассматривается центробежная сопловая микротурбина (МТ) малой мощности. Конструктивные, газодинамические и режимные (перепады давления - до 10 кПа) особенности таких МТ требуют теоретического и экспериментального исследования.



Р и с. 1. Схема центробежной сопловой микротурбины: 1 - газоподводящий патрубок; 2 - направляющий аппарат турбины (НА); 3 - сопла НА; 4 - рабочее колесо турбины (РК); 5 - подшипниковый узел; 6 - ось; 7 - сопла РК; 8 - лабиринтовое уплотнение (ЛУ)

Схема центробежной сопловой МТ представлена на рис. 1. К ее основным конструктивным особенностям следует отнести:

проточную часть рабочего колеса (РК) и направляющего аппарата (НА), которая выполнена в виде отдельных сопел;

увеличенный радиальный зазор (РЗ) между НА и РК.

Конструктивные особенности вызваны, в основном, требованиями простоты конструкции. МТ не имеет сплошного облопачивания в отличие от обычных парциальных турбин, однако одновременный подвод газа из отдельных сопел НА ко всем соплам РК требует наличия соответствующего течения между НА и РК, что приводит к увеличенному РЗ.

Основными газодинамическими особенностями исследуемой МТ являются:

наличие вращающегося потока газа в РЗ;

передача части энергии вращающегося потока газа РК трением; незначительное влияние сжимаемости газа.

Тангенциальное направление истечения газа со скоростью C , и воздействие набегающих потоков из впереди стоящих сопел способствуют образованию вращающегося потока (ВП) в РЗ. Он представляет собой сложное пространственное течение, где основное течение близко к вихреисточнику.

Аналогично работам [1, 2], после соответствующих допущений и интегрирования уравнений Навье-Стокса и неразрывности в пределах радиусов и давлений, присущих исследуемому потоку, были получены уравнения:

$$c_{впн} R = const = \Pi ; c_{впР} R = const = \Phi ; \quad (1)$$

$$p_3 - p_2 = \frac{\rho}{2} (\Pi^2 + \Phi^2) \left(\frac{1}{R_2^2} - \frac{1}{R_3^2} \right) . \quad (2)$$

Уравнение неразрывности для исследуемой МТ

$$G_{НА} = G_{РК} + G_{ЛУ} . \quad (3)$$

Момент количества движения (МКД), полученный при истечении газа из сопел НА $M_{НА}$ (рис. 1), расходуется на трение потока о поверхности в РЗ и на вращение газа со скоростью $C_{вп}$. Уравнение МКД

$$M_2 + M_{2-3} + M_3 + M_{вп} = M_{НА}$$

или

$$\bar{M}_2 + \bar{M}_{2-3} + \bar{M}_3 + \bar{M}_{вп} = 1. \quad (4)$$

Индексы к МКД, расходуемому на трение, соответствуют радиусам поверхностей РЗ (см. рис. 1). Получены выражения для отдельных составляющих МКД в уравнении (4):

$$M_{НА} = G_{НА} C_1 R_1; \quad M_{вп} = G_{РК} \Pi;$$

$$M_3 = \pi \frac{\lambda_3}{2} \frac{\rho}{2} b_3 (\Pi - \omega R_3^2)^2;$$

$$M_{2-3} = 2\pi \frac{\lambda_{2-3}}{2} \frac{\rho}{2} \left(\Pi^2 (R_3 - R_2) - \frac{2}{3} \Pi \omega (R_3^3 - R_2^3) + \frac{1}{5} \omega^2 (R_3^5 - R_2^5) \right);$$

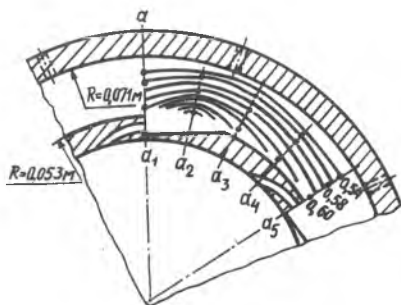
$$M_2 = \pi \rho \Pi^2 b_2 \left(\frac{\lambda_2}{4} + \frac{z}{2\pi} \zeta \left(\frac{R_3}{R_2} - 1 \right) \right); \quad \zeta = m \left(1 - \frac{R_3 - R_2}{R_3 - R_2 + h} \right)^n;$$

где λ - коэффициент трения.

Были созданы экспериментальные МТ, установка [3] и проведены экспериментальные исследования рабочих характеристик и проточной части центробежной сопловой МТ. Момент на валу МТ измерялся с помощью ниточного моментомера. Измерялись также скорости потока и статические давления в РЗ, частота вращения РК, расход, начальная (до НА) температура и давление воздуха.

Одной из целей этих исследований была проверка характера течения основного потока в РЗ и перераспределения составляющих МКД в уравнении (4). Чтобы избежать влияния сопел РК (см. рис. 1) на крутящий момент МТ, сопла в некоторых экспериментах были выполнены радиальными. Крутящий момент на валу "радиального" РК выражается уравнением (4). Он создается за счет вращающегося потока в РЗ путем изменения направления течения при выходе через радиальные сопла ($M_{вп}$) и трения потока о поверхности РК ($M_3 + M_{2-3}$). В результате взаимодействия наружной сопловой поверхности НА и вращающегося потока имеют потери (M_2).

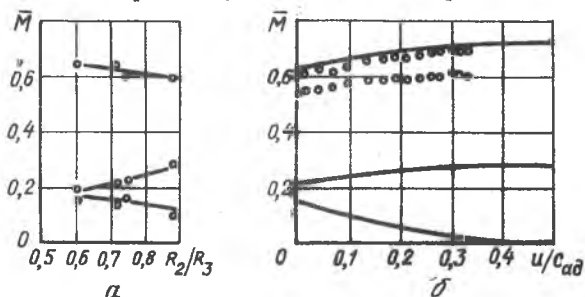
На рис. 2 показаны линии постоянных относительных скоростей $C_{вп\omega}/C_1$ при частоте вращения $\omega = 0$. Скорость $C_{вп\omega}$ измеря-



Р и с. 2. Относительные скорости потока $C_{вп\omega}/C_1$ в радиальном зазоре сопловой центробежной МТ

лась с помощью прикрепленного на РК в точке a и подвижного в радиальном направлении датчика скорости в положениях $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ относительно НА. Скорость C , определялась по расходу. Полученные результаты показывают, что усредненные параметры потока в РЗ изменяются подобно вихреисточнику, однако в зоне соединения потоков течение нарушается. Величина этой зоны в основном зависит от формы наружной сопловой поверхности НА.

При измерении крутящего момента на валу "радиальной" МТ, скорости потока в РЗ и расхода можно определить составляющие уравнения (4) при $\omega = 0$. Часть результатов таких экспериментов и расчетов дана на рис. 3,а. По аналогичным результатам определены коэффициенты $m = 0,954$ и $n = 2,04$ для НА, имеющих форму наружной сопловой поверхности, как показано на рис. 2.



Р и с. 3. Перераспределение составляющих момента количества движения, созданного направляющим аппаратом МТ: $u/C_{ad} = 0,0$; $R_2 = 0,051$ м; $R_3 = 0,071$ м; 1 - $M_{\text{вп}}$; 2 - $M_{\text{ТР}_2}$; 3 - $M_{\text{ТР}_3} + M_{\text{ТР}_{2-3}}$

При вращении РК $\omega = var$ полученный на валу крутящий момент не может служить для определения составляющих уравнения (4) ввиду влияния аэродинамического трения наружных поверхностей РК. Однако изменение $C_{\text{вп}u}/C_1$ ($\omega = var$) при пересчете на радиус R_2 по своему численному значению соответствует $M_{\text{вп}}$. Часть результатов экспериментальных данных и расчетов дана на рис. 3,б.

Расчеты проведены при решении системы уравнений (2)-(4) на ЭВМ "Минск-22" при заданных начальных (до НА) параметрах воздуха и геометрических параметрах проточной части МТ.

В ы в о д ы

1. Характер течения в радиальном зазоре центробежной сопловой МТ близок к вихреисточнику.

2. Момент количества движения, передаваемый РК трением, составляет (10-18)%, и это надо учитывать при расчете рабочих характеристик МТ.

3. Потери момента количества движения в радиальном зазоре зависят от размеров и формы наружной сопловой поверхности НА и составили в экспериментальной МТ (19-29)%.

4. Предложенная система уравнений может быть использована для определения осредненных газодинамических параметров в проточной части МТ.

Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П. О природе вихревого эффекта. - В кн.: Некоторые вопросы исследования тепловых машин. Сборник статей кафедры теплотехники и тепловых двигателей. - Куйбышев: КуАИ, 1969, вып. 37, с. 35-51.
2. Струйная автоматика в системах управления. Под общей ред. Б.В.Орлова. - М.: Машиностроение, 1975, 368 с.
3. Мартинайтис В.П. Установка для исследования рабочих характеристик турбинки турбогорелки. - В кн.: Теплоснабжение и вентиляция. Материалы конференции. - Вильнюс: Каунасский политехнический институт, 1978, с. 42-45.

УДК 532.527.522:533.697.2

А.М.Волков, С.Ю.Крашенинников

ВИХРЕВОЙ КЛАПАН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ
ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ДИАПАЗОНА УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ
СВЕРХЗВУКОВОГО ВОЗДУХОЗАБОРНИКА СМЕШАННОГО СЖАТИЯ

П р и н я т ы е о б о з н а ч е н и я

А - геометрическая характеристика вихревого клапана; К - коэффициент перепуска; M_n - число Маха набегающего потока; P^* -