

Р и с. 4. Зависимость $M_{T,ВЗ}$ и $M_{y,TOOT}$ от M_3 в трехкаскадных АСО с ВТ: 1 - $M_{y,TOOT}$, 2 - $M_{y,TOOT}$, $\mu_1 = 0,2$, $\mu_2 = 0,2$; 3 - $M_{T,ВЗ}$, $\mu_1 = 0,8$, $\mu_2 = 0,9$; 4 - $M_{T,ВЗ}$, $\mu_1 = \mu_2 = 0,2$

АСО с ТХ, двухкаскадные - сопоставимы, трехкаскадные с ВТ значительно проигрывают перед трехкаскадными с ТХ, регенеративные однокаскадные АСО с ТО сопоставимы с двухкаскадными с ВТ, комбинированные АСО с ВТ и ТХ в горячей линии ВТ неконкурентноспособны. АСО с отбором воздуха от компрессора ТРД на ВТ неконкурентноспособны при сравнении их с АСО на ТХ.

Библиографический список

1. Казанцев А.А., Шустров Ю.М., Капустьян А.Н. С вихревой трубе и проблемах в авиационных системах кондиционирования/Комсомольский-на-Амуре политехн.ин-т.-Комсомольск-на-Амуре, 1981.-53 с. Деп. в ЦНТИ ГА 17.11.81, № 105-ДР.

УДК 621.694.2

В.И.Метенин, С.Н.Савельев, В.Б.Черепанов

ПРОТИВОТОЧНЫЙ ВИХРЕВОЙ ЭЖЕКТОР
И ОБЛАСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Конструкция, геометрические соотношения, принцип работы и характеристики противоточного вихревого эжектора (ПВЭ) описаны в работе [1]. Для определения области применения ПВЭ было проведено сравнение технических возможностей ПВЭ с другими типами вакуумирующих устройств, а именно, прямооточным вихревым эжектором, прямооточным эжектором и механическим вакуум-насосом ВВН-3.

То обстоятельство, что ПВЭ обеспечивает высокие степени сжатия пассивного газа $\bar{P}_3 = P_{0,см} / P_{0,л}$ при малых степенях расширения ак-

тивного газа $\mathcal{T} = P_{0,a} / P_{0,c,m}$, диктует возможность использования ПВЭ в качестве вакуум-насоса ($P_{0,a}$, $P_{0,n}$, $P_{0,c,m}$ — полные давления соответственно активного, пассивного и смеси газов). Результаты исследования его в этом режиме при вакуумировании емкости $V = 0,12 \text{ м}^3$ позволяют заключить, что с помощью ПВЭ-42 как вакуум-насоса при $P_{0,a} = 0,26 \text{ МПа}$ можно достичь значительного вакуума ($P_{0,n} = 2 \text{ кПа}$) за короткое время. При вакуумировании емкости $V = 0,003 \text{ м}^3$ противоточным вихревым эжектором с диаметром камеры смешения 42 мм ПВЭ-42 обеспечивается снижение давления до $P_{0,n} = 0,6 \text{ кПа}$ за 6 с.

При сравнении ПВЭ с другими вакуумирующими устройствами вихревого типа в качестве объекта сравнения выбран вихревой вакуум-насос ДКМ [2], так как из известных в настоящее время он позволяет получить в вакуумируемых объемах минимальное остаточное давление.

Результаты сравнения ПВЭ и ДКМ представлены в таблице, где даны также результаты, полученные при самовакuumировании ДКМ [3,4]. В таблице отсутствуют данные по \mathcal{T} и $\mathcal{T}_э$ для тех эжекторов, для которых в литературе не указаны сведения о величине $P_{0,c,m}$.

Адиабатический коэффициент полезного действия ПВЭ при его работе в режиме вакуум-насоса, подсчитанный по формуле [2]

$$\eta_{э} = \frac{n_{ср} T_{0,n} \left(\mathcal{T}_э^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right)}{T_{0,a} \left[1 - \left(\frac{1}{\mathcal{T}} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]}, \quad (1)$$

достигает 11 %, в то время как для ДКМ, работающего в аналогичном режиме, $\eta_{э} = 4 \dots 6 \%$.

В формуле (1) $n_{ср}$ — средний коэффициент эжекции при вакуумировании замкнутого объема:

$$n_{ср} = \frac{G_n}{G_a \cdot \tau} = \frac{V_n (P_{доп} - P_{0,n})}{R \cdot T_{0,a} \cdot G_a \cdot \tau}, \quad (2)$$

где V_n — вакуумируемый объем, м^3 ;

$P_{доп}$, $P_{0,n}$ — начальное и конечное давление в вакуумируемом объеме, Па;

τ — время вакуумирования, с.

Результаты сравнения, приведенные в таблице, позволяют отметить высокую конкурентноспособность ПВЭ при работе с большими $\mathcal{T}_э$ при малых \mathcal{T} .

Сравнение вихревых эжекторов различного типа

Тип эжектора	Давление активного газа, $P_{0,a}$, МПа	Расход активного газа, G_a , кг/сек	Вакуумируемый объем, $V, \text{ м}^3$	Время вакуумирования, τ , сек	Давление в вакуумируемом объеме, $P_{0,l}$, кПа	Степень сжатия эжектора $\pi = \frac{P_{0,см}}{P_{0,l}}$	Степень расширения активного газа $\pi = \frac{P_{0,a}}{P_{0,см}}$	Литературный источник
ДКМ-I	0,294	0,113	0,04	90	0,98	-	-	[2]
ДКМ-I+ ДКМ-II	0,294	-	0,5	1020	2,45	-	-	[2]
ДКМ	0,421	0,07	Самоввакуумирование	-	2,9	34	4,2	[3,4]
ПВЭ-42	0,26	0,07	0,003	6	0,6	167	2,6	[1]
ПВЭ-52	0,26	0,07	0,12	540	20	50	2,6	[1]

При работе в режиме вентилирования, т.е. при π_3 близких к единице, ДКМ имеет большие по сравнению с ПВЭ коэффициенты эжекции; его h_3 достигает 8...10%. Поэтому в случае создания невысоких степеней сжатия пассивного газа целесообразнее использовать проточный вихревой эжектор типа ДКМ.

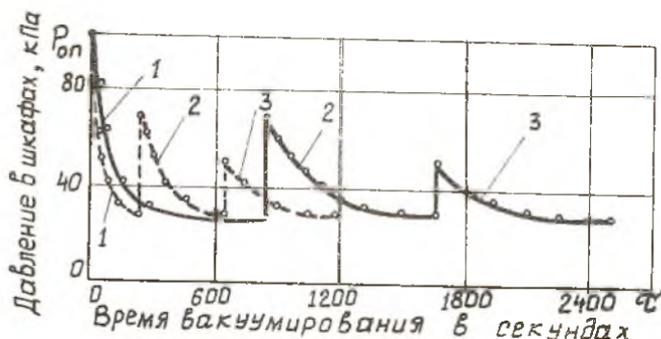
Для сравнения ПВЭ с прямоструйным эжектором были рассчитаны по известной методике [5] достижимые коэффициенты эжекции $n_{стр}$ прямоструйного эжектора для различных π_3 при давлении смеси газов на выходе из эжектора $P_{0,см} = P_{0,ар}$ и $\pi \leq 2,6$.

Сравнение экспериментальных данных для ПВЭ и расчетных для прямоструйного эжектора показали, что в режимах с невысокими π_3 коэффициенты эжекции $n_{стр}$ значительно выше, чем коэффициенты эжекции $n_{пвэ}$ у противоточного вихревого. Однако при $\pi_3 = 14...16$ коэффициенты $n_{стр}$ и $n_{пвэ}$ соизмеримы и лежат в пределах $n = (1,5...1,8) \cdot 10^{-3}$. Для $\pi_3 > 16$ $n_{стр} < n_{пвэ}$, а для $\pi_3 > 50$ струйные эжекторы не имеют положительных коэффициентов эжекции.

Расчеты струйного эжектора подтвердили выводы о важном достоинстве вихревого вакуум-насоса [6] - способности создавать высокие разрежения в вакуумируемых объемах, недоступные для одноступенчатых струйных эжекторов. Таким образом, ПВЭ обладает явным преимуществом по сравнению со струйным эжектором при работе в режимах с высокими π_3 при малых π . Технико-экономическое сравнение

ПВЭ и механического вакуум-насоса ВВН-3 проводилось в промышленных условиях при создании разрежения в трех вакуумных шкафах, параллельно подключенных к общему коллектору, соединенному со всосом вакуум-насоса. Вакуумируемый объем каждого сушильного шкафа $V = 2,42 \text{ м}^3$.

Испытания проводились в два этапа. На первом этапе проводились испытания ВВН-3 на режиме самовакuumирования (ВВН-3 отключен от вакуумной системы), для определения предельного достижимого вакуума, создаваемого насосом. Установлено, что минимальное давление, создаваемое насосом, $P_{0.п} = 18 \text{ кПа}$. На втором этапе проводилось вакуумирование вакуумных шкафов при их последовательном подключении в вакуумной системе. Суммарное время вакуумирования трех шкафов при их последовательном подключении к вакуумной системе составило 42 минуты. Графическая зависимость давления в вакуумной системе от времени набора вакуума представлена на рисунке.



Р и с. Зависимость давления в вакуумных шкафах от времени вакуумирования: 1 - подключен один шкаф, 2 - два шкафа, 3 - три шкафа; —○— ВВН-3, —○— ПВЭ-92

Затем в этой же вакуумной системе эжектором ПВЭ-92 создавалось разрежение, равное предельному при вакуумировании насосом ВВН-3. Порядок подключения вакуумных шкафов сохранялся таким же, что и при работе с ВВН-3. Активным газом служил сжатый воздух с давлением $P_{0.а} = 0,16 \text{ МПа}$.

Сравнение характеристик ПВЭ-92 и ВВН-3 показало, что время набора вакуума в вакуумной системе, состоящей из трех сушильных шкафов, подключенных к общему коллектору вихревым эжектором, в 2,2 раза меньше, чем насосом ВВН-3. При этом энергозатраты на сжатие

воздуха, необходимого для работы эжектора во время набора вакуума, в 2,1 раза меньше, чем энергозатраты на привод насоса ВВН-3.

Отмеченные преимущества ПВЭ по сравнению с ВВН-3 объясняются возможностью вихревого эжектора работать при малых степенях расширения активного газа.

Таким образом, сравнение ПВЭ с другими типами вакуумирующих устройств показало, что способность ПВЭ работать при малых степенях расширения активного газа со значительными степенями сжатия пассивного обеспечивают ему высокую конкурентноспособность и определяет область его применения - использование в качестве вакуум-насоса.

Библиографический список

1. Исследование характеристик противоточного вихревого эжектора / Метенин В.И., Денисов И.Н., Черепанов В.Б., Самойлов В.Е. // Известия ВУЗов:Машиностроение, 1986.- № 1. С.67-71.
2. Дубинский М.Г. Вихревой вакуум-насос // Известия АН СССР. Сер. ОТН, 1956.- №3.-С.155-159.
3. Епифанова В.И., Костин В.К., Усанов В.В. Опытное и расчетное исследования вихревого эжектора // Известия ВУЗов:Машиностроение, 1975.- №11.-С.85-89.
4. Епифанова В.И., Костин В.К., Усанов В.В. Экспериментальные характеристики вихревого эжектора // Труды Моск.высш.техн.учил. им. Н.Э.Баумана. 1976.-Вып.239.-С.82-87.
5. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты.-М.:Энергия, 1970.-288 с.
6. Вихревые аппараты /Суслов А.Д., Иванов С.В., Мурашкин А.В., Чижиков Ю.В. М.:Машиностроение. 1985.- 256 с.

УДК 621.7.02

А.Г.Мелентьев*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ВИХРЕВЫХ УСТРОЙСТВ

В вихревых моющих установках [1] и в других установках совместно используются различные вихревые устройства - вихревые трубы, в работе использованы экспериментальные данные инж.А.Н.Балалаева