

Для оптимальных условий работы вихревого жидкостно-газового эжектора выходной срез рабочего сопла следует расположить на расстоянии $0-4$ диаметра сопла внутри камеры смешения, причем большие расстояния соответствуют повышенным степеням закрученной струи $0,45$ и более.

Полученные данные позволяют оценить основные конструктивные параметры вихревых жидкостно-газовых эжекторов с тангенциальными и местными ленточными завихрителями. Согласно расчетным данным, подтвержденным показаниями экспериментов, одинаковым значениям степени закрутки потока соответствует идентичный характер изменения рабочих характеристик жидкостно-газового эжектора независимо от конкретного типа используемого завихрителя. Поэтому при малых степенях закрутки, рекомендуемых для вихревых жидкостно-газовых эжекторов, из конструктивных и технологических соображений более целесообразным является использование ленточных завихрителей, изготавливаемых путем механического скручивания тонких металлических полосок.

Сравнительный анализ позволяет заключить (рис. 2), что при соблюдении приведенных в работе рекомендаций оптимальный вариант вихревого жидкостно-газового эжектора по сравнению с осевым аналогом, работающим также в оптимальных условиях, может обеспечить увеличение коэффициента эжекции и повышение к.п.д. аппарата в пределах от 10 до 100% , причем лучшие результаты относятся к режимам со сравнительно небольшим отношением скоростей рабочей жидкости и эжектируемой среды.

УДК 532.527

А.В.Ильин, Б.В.Маргулис

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ЭЖЕКТОРА ДЛЯ СЖАТИЯ ВОДЯНЫХ ПАРОВ

П р и н я т ы е о б з н а ч е н и я

$P_p; P_s$ - давление заторможенного потока пара перед высоконапорным и низконапорным соплами; $V_p; V_s$ - удельный объем заторможенного потока пара перед высоконапорным и низконапорным соп-

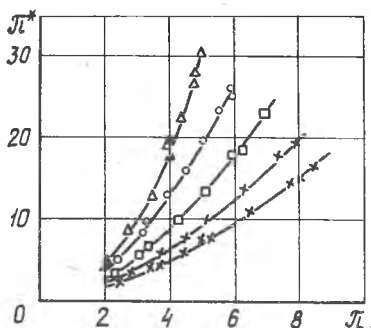
лами; $P_{oc}; P_c$ - статическое давление на оси эжектора и на выходе из диффузора; G_p - расход рабочего пара; $G_э$ - расход эжектируемого пара; π^* - степень расширения пара в вихре; π - степень расширения пара в эжекторе; ϵ - степень сжатия пара в эжекторе; n - коэффициент эжекции; $D_{в.к}$ - диаметр вихревой камеры; f_c - площадь высоконапорных сопел $\bar{f} = f_c / 0,785 D_{в.к}^2$; Δ - зазор в диффузоре $\Delta = \Delta / D_{в.к}$; L - длина вихревой камеры $\bar{L} = L / D_{в.к}$.

В настоящее время все большее значение приобретает борьба за экономию теплоэнергетических ресурсов в промышленной теплоэнергетике. Одним из резервов экономии является утилизация низкопотенциальных водяных паров. Для этой цели широко применяются прямотрубные эжекторы. Однако во многих случаях их использование ограничивается низкими степенями сжатия и крутой рабочей характеристикой на переменных режимах.

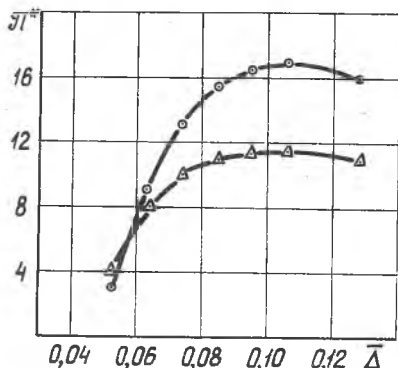
Одним из возможных путей расширения сферы применения струйных аппаратов является разработка вихревых эжекторов, экономичность которых обещает быть выше из-за упорядоченного процесса смешения струй, а пологая рабочая характеристика обеспечивается относительно малой чувствительностью распределения статического давления в области внутреннего вихря от степени сжатия.

Нами проведено исследование вихревого эжектора для сжатия низкопотенциальных насыщенных водяных паров с давлением от 0,1 до 0,3 МПа. В качестве рабочего использовался пар с параметрами: давление рабочего пара 1,5 МПа, температура 573К.

Для исследований была разработана конструкция вихревого эжектора, позволяющая изменять относительную площадь рабочего сопла в диапазоне от 0,01 до 0,08, относительный зазор в диффузоре - от 0,04 до 0,20. Кольцевой диффузор был изготовлен плоским с наружным диаметром 0,750 м. Эксперименты проводились с двумя вихревыми камерами диаметром 0,096 и 0,250 м. Расход рабочего пара на выходе из высоконапорных сопел подсчитывался по формуле Бендемана для перегретого пара по параметрам пара перед соплом. Расход пара на выходе из эжектора определялся с помощью интегрирующей трубки [1], которая предварительно тарировалась критическим расходом через высоконапорные сопла в режиме самовакuumирующей вихревой трубы (СВТ). Расход эжектируемого пара определялся по разности расходов смеси и рабочего пара.



Р и с. 1. Возможности вихревого эффекта на режиме СВТ:
 $\Delta - \bar{f} = 0,08, D_{в.к} = 0,096\text{м};$
 $\circ - \bar{f} = 0,0612, D_{в.к} = 0,096\text{м};$
 $\square - \bar{f} = 0,0414, D_{в.к} = 0,096\text{м};$
 $+ - \bar{f} = 0,022, D_{в.к} = 0,250\text{м};$
 $\times - \bar{f} = 0,0130, D_{в.к} = 0,250\text{ м}$



Р и с. 2. Влияние зазора в плоском кольцевом диффузоре: $\circ - \Pi = 5,5; \bar{f} = 0,0414;$
 $\Delta - \Pi = 4,5; \bar{f} = 0,0414$

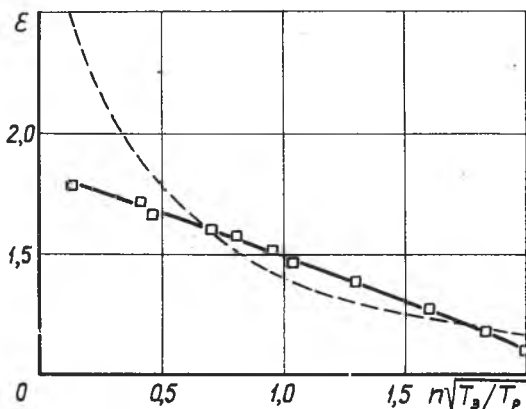
Первым этапом исследований была проверка возможностей вихревого эжектора в режиме СВТ. Результаты экспериментов приведены на рис. 1.

При сравнении полученных характеристик с данными для воздуха [2] можно сделать вывод, что при использовании в качестве рабочего тела пара возможности вихревого эффекта для создания разрежения несколько ниже, чем на воздухе. Это обстоятельство можно объяснить потерей энергии на конденсацию пара в присоединенной зоне.

Кроме влияния относительной площади сопел и диаметра вихревой камеры, была проверена зависимость степени расширения в вихре Π^* от $\bar{\Delta}$ при различных Π . Результаты экспериментов приведены на рис. 2. Эта зависимость позволяет выбирать оптимальный зазор в плоском кольцевом диффузоре.

Вторым этапом исследований явилось построение рабочей характеристики. При проведении экспериментов параметры рабочего и эжектируемого пара поддерживались постоянными. Изменялось давление на нагнетании. Результаты обработаны в виде функции $\varepsilon = f[n(T_3/T_p)^{0,5}]$ и представлены на рис. 3.

На рисунке видно, что в диапазоне степеней сжатия от 1,2 до 1,6 экономичность вихревого эжектора выше, чем достижимая (теоре -



Р и с. 3. Энергетические возможности вихревого эжектора при расчетной степени сжатия $\epsilon = 1,4$ и $\beta = 0,0414$, $\Delta = 0,1$, ---- теоретически достижимый коэффициент эжекции прямоструйного эжектора [3], \square — экспериментальные данные

тическая) экономичность прямоструйного эжектора с цилиндрической камерой смешения. [3].

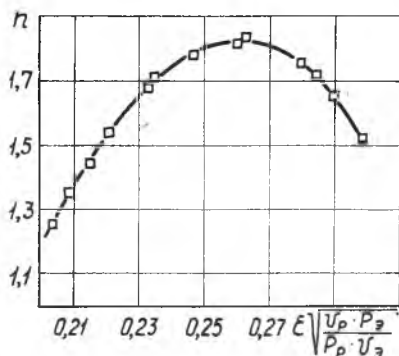
В процессе экспериментов выявилась значительная зависимость коэффициента эжекции от параметров рабочего и эжектируемого пара. Нами был проведен анализ размерностей для зависимости

$G_a = f(G_p; \rho_p U_p; p_c)$, которая была преобразована методом Рэля в зависимость безразмерных комбинаций

$$n = f[\epsilon (U_p \rho_p / \rho_p U_p)^{0,5}].$$

Результаты экспериментов хорошо укладываются в эту зависимость, которая близка к зависимости $n = f(\epsilon)$, однако учитывает параметры рабочего и эжектируемого пара.

На рис. 4 приведена рабочая характеристика вихревого эжектора со следующими геомет-



Р и с. 4. Рабочая характеристика вихревого парового эжектора

рическими характеристиками: $f_c = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $\varnothing_{в.к} = 0,096 \text{ м}$;
 $L_1 = 0,25 \text{ м}$; $\Delta = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Л и т е р а т у р а

1. Захаров Ю.В., Лебедев О.Н. Метод измерения расхода пара. - Энергомашиностроение, 1960, № 3.
2. Волов В.Т., Колышев Н.Д., Шахов В.Г. Теоретическое и экспериментальное исследование радиально - кольцевых диффузоров с закрученным потоком. - В сб.: Вихревой эффект и его применение в технике. - Куйбышев:КуАИ, 1976.
3. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. Изд. 2-е. - М.: Энергия, 1970.

УДК 621.694.2.532.524.004.14

В.Т.Волов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОГО ЭЖЕКТОРНОГО ВАКУУМ-НАСОСА

С целью минимизации опытов по определению оптимальных характеристик эжекторного вакуум-насоса было проведено планирование эксперимента по методике, разработанной в [1].

Важнейшим параметром, характеризующим работу эжекторного вакуум-насоса в режиме вентилирования, как отмечено в работах [2,3], является коэффициент эжекции

$$n = G_{эж} / G_1, \quad (I)$$

где $G_{эж}$ - секундный расход эжектируемого газа, G_1 - секундный расход газа через сопловой ввод. Коэффициент эжекции был выбран параметром оптимизации, так как он легко замеряем и имеет четкий физический смысл. В результате анализа априорной информации однофакторных экспериментов и технологических ограничений из одиннадцати факторов было выделено четыре: 1) степень расширения газа в вихре $\pi = P_1^* / P_n$; 2) относительная площадь соплового тангенциального ввода $F_c = 4 F_c / 3,14 d_{тр}^2$; 3) относительный радиус диффузора