УДК 621.694.2

В.Е. САМОЙЛОВ, к.т.н., старший преподаватель (СамГТУ) г. Самара

ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ПРОТИВОТОЧНОГО ВИХРЕВОГО ЭЖЕКТОРА И ВЫБОР ОСНОВНОГО ПАРАМЕТРА ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Вихревые установки на основе эффекта энергетического расширения газов применяются в системах кондиционирования и охлаждения при создании эффективных тепломассообменных устройств.

Комплекс свойств закрученных потоков позволяет использовать вихревой эффект для целей вакуумирования, отсоса вредных газов, безотходной очистки поверхностей. Вихревые вакуумирующие устройства и насосы позволили заметно повысить эффективность ваккумирующих установок и воздушных холодильных аппаратов в производственных процессах.

Одним из типов вихревых вакуумирующих устройств является противоточный вихревой эжектор (ПВЭ) [1] . ПВЭ был разработан и исследован применительно к низкотемпературному двухступенчатому холодильному аппарату, одним из основных элементов которого он является. За счёт реализации процесса центробежного расширения газа и осуществления противоточного принципа взаимодействия активного и пассивного потоков достигается высокая степень сжатия пассивного потока при меньшем, чем в других типах эжекторов, давлении активного газа.

Улучшение технических и технико-экономических характеристик ПВЭ ещё в большей мере будет способствовать повышению эффективности технологических установок с использованием вакуума.

При исследовании внутренней структуры закрученного вихревого потока однокамерного ПВЭ было установлено, что у широкого торца камеры смешения на границе слияния свободного и вынужденного вихрей скорость газового потока достигает скорости звука, причём максимум окружной скорости смещается в приосевую область камеры смешения. Таким образом со стороны широкого торца камеры смешения формируется приосевой газовый поток, обладающий значительной кинетической энергией. Создав условия для дальнейшего расширения приосевого потока возможно использовать часть его энергии и тем самым повысить эффективность рабочего процесса ПВЭ. Подобные условия могут быть реализованы при установке со стороны широкого торца камеры смешения и соосно с ней дополнительных камер смешения.

Было установлено, что во всех случаях подключения дополнительных камер смешения минимальное давление пассивного газа $p_{о.п}$ достигается при меньших давлениях активного газа на входе в эжектор. Подключение одной дополнительной камеры смешения позволяет снизить давление активного газа на 8-10%. подключение двух и более дополнительных камер снижает давление активного газа на 20-25%, но при этом существенно возрастает $p_{о.п}$. Кроме того двухкамерный эжектор имеет меньший по сравнению с однокамерным расход активного газа. Таким образом наиболее оптимальным решением является применение двухкамерной конструкции камеры смешения .

На эффективность рабочего процесса противоточного вихревого эжектора оказывает влияние значительное количество факторов к которым относятся как газодинамические параметры входящих и выходящих потоков, так и геометрические соотношения между его основными элементами.

Для однокамерного вихревого эжектора были выявлены следующие факторы влияющие на его эффективность:

- давление активного газа на входе в эжектор $p_{о.а}$;
- давление пассивного газа $p_{о.п}$;
- давление смеси газов на выходе из эжектора $p_{о.см}$;
- относительная площадь соплового ввода активного газа ;

$$F_{с.а} = F_{с.а}/F_{к.с.1}$$

- соотношение высоты и ширины прямоугольного сопла активного газа ;

$$h = h/h$$

- количество сопел для ввода активного газа;
- относительная длина первой камеры смешения ;

$$L_{к.с} = L_{к.с.1}/D_{к.с.1}$$

- относительный диаметр сопла пассивного газа ;

$$D_{с.п} = D_{с.п}/D_{к.с.1}$$

- форма обтекателя сопла пассивного газа;
- относительная площадь входного сечения осевого диффузора ;

$$F_{о.диф} = F_{о.диф}/F_{к.с.1}$$

- относительная длина осевого диффузора ;

$$L_{о.диф} = L_{о.диф}/L_{к.с.1}$$

- угол конусности осевого диффузора $\Upsilon_{о.диф}$;
- относительный диаметр щеки щелевого диффузора
;

$$D_{ш.диф} = D_{ш.диф}/D_{к.с.1}$$

- относительный зазор щелевого диффузора .

$$\Delta = \Delta / D_{к.с.1}$$

В процессе исследования однокамерного ПВЭ было установлено, что влияние линейного размера любого из основных конструктивных элементов однозначно влияет на его работу и не зависит от изменения геометрии других элементов. Отсюда можно сделать вывод, что двухкамерный ПВЭ будет иметь наилучшие характеристики при сохранении оптимальной геометрии первой камеры смешения, полученной для однокамерного ПВЭ. Таким образом при исследовании рабочего процесса двухкамерного ПВЭ и отыскания оптимума в качестве факторов влияющих на работу эжектора рассматриваются относительная площадь соплового ввода активного газа , относительная площадь

$$F_{с.а} = F_{с.а}/F_{к.с.1}$$

второй камеры смешения , относительная площадь

$$F_{к.с.2} = F_{к.с.2}/F_{к.с.1}$$

входного сечения осевого диффузора , соотношение

$$F_{о.диф} = F_{о.диф}/F_{к.с.1}$$

высоты и ширины прямоугольного сопла активного газа .

$$h = h/h$$

Для изучения многофакторных систем наиболее целесообразным является применение методов планирования эксперимента, которые позволяют, осуществляя одновременное варьирование всеми исследуемыми факторами, установить минимально необходимое число опытов и условий их проведения. Они также дают возможность на основе математической модели исследуемого объекта определить оптимальное значение выбранного параметра и предсказать значение параметра зависящее от ряда факторов.

При планировании эксперимента определяющее значение имеет выбор основного параметра оптимизации. Одним из основных показателей работы ПВЭ является минимально достижимый уровень остаточного давления пассивного потока $p_{о.п\text{-}min}$ или степень сжатия пассивного потока $\pi_э$. Но минимум $p_{о.п}$ может быть поучен при различных параметрах активного потока. Кроме того давление $p_{о.п}$, определяя технические

возможности ПВЭ по созданию вакуума, не характеризует экономичность эжектора. Экономические показатели противоточных вихревых эжекторов определяется прежде всего затратами на производство необходимого количества питающего сжатого газа нужных параметров, то есть расходом $G_{o.a}$ и давлением $p_{o.a}$ активного газа на входе в эжектор. При этом, как сказано выше, подключение дополнительной камеры смешения способствует снижению давления активного газа при неизменной величине $p_{o.п}$. При этом снижение $p_{o.a}$ сопровождается снижением $G_{o.a}$ необходимым для достижения минимума $p_{o.п}$. С учётом указанных факторов давление активного газа $p_{o.a}$ является одним из основных параметров, характеризующих эффективность работы двухкамерного противоточного вихревого и может быть выбрано в качестве параметра оптимизации. Как параметр оптимизации $p_{o.a}$ удовлетворяет требованиям однозначности и статистической эффективности.

Список литературы:

1. Метенин, В.И., Савельев С.Н., Черепанов В.Б. Противоточный вихревой эжектор и области его применения [Текст] // Вихревой эффект и его применение в технике. Материалы V Всесоюзной научно-технической конференции. – Куйбышев, 1988. с. 110-114.