

Отличительными чертами охладителей пятого типа (рис. 1, д) является то, что они не имеют сеток-развихрителей, а снабжены эжектором 7, отсасывающим заторможенный поток из конфузора. В данном случае конфузор выполняет роль развихрителя для воздуха, не попавшего в диффузор. Одновременно он используется для отвода тепла к охлаждающей среде. При испытании охладитель вместе со змеевиковым теплообменником был погружен в сосуд с проточной водой. Получен максимальный к.п.д.  $\zeta = 0,42$ , что в 1,55 раза больше полученного у охлаждаемых ВТ. Резервы для увеличения к.п.д. заключены прежде всего в повышении эффективности работы эжектора. В экспериментальных образцах была использована примитивная конструкция эжектора. Повышение кратности эжекции интенсифицирует работу конфузора как развихрителя и одновременно увеличивает поток тепла от воздуха к охлаждающей среде через стенки конфузора. Вторым резервом для повышения к.п.д. является создание благоприятных условий входа горячего потока в диффузор. Такое мероприятие позволит увеличить перепад давлений, срабатываемый в эжекторе.

Наиболее полное использование энергии горячего потока достигнуто в схеме, изображенной на рис. 1, е. В отличие от схемы на рис. 1, в здесь горячий поток после второй ВТ частично или полностью охлаждается в теплообменнике и возвращается в камеру разделения. Поиск рациональных размеров узлов является одной из основных задач исследований.

Как уже отмечалось выше, характеристики рассматриваемых вихревых холодильников не являются предельными.

Первый путь повышения к.п.д. направлен на поиск мероприятий, обеспечивающих оптимальное соотношение давления и расхода в циркуляционном потоке.

Второй путь повышения эффективности заключается в повышении эффективности процесса энергетического разделения непосредственно в камерах разделения. Реализация второго направления связана с установкой различного рода развихрителей, интенсифицирующих обмен энергией присосного и периферийного вихревых потоков.

УДК 621.574

В.Н.М и х у ш к и н

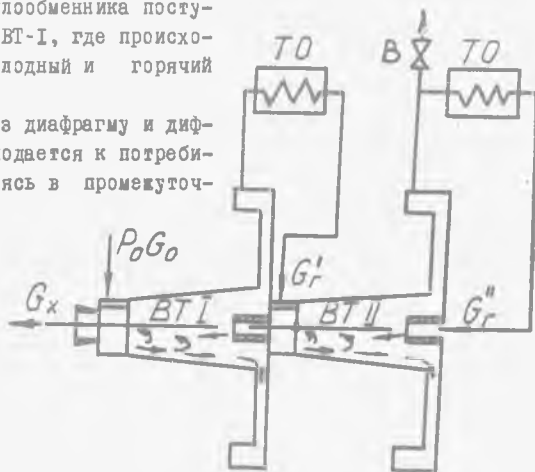
#### ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ВИХРЕВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

Целью настоящей работы является повышение эффективности вихревых холодильников (ВХ) за счет использования энергии горячего потока. Для решения данной задачи была предложена конструкция [1] и изготовлен двухступенчатый ВХ, схема которого представлена на рис. 1.

Двухступенчатый ВХ работает следующим образом: воздух от компрес-

сора после конечного теплообменника поступает на вход в основную ВТ-I, где происходит его разделение на холодный и горячий потоки.

Холодный поток через диафрагму и диффузор холодного потока подается к потребителю, а горячий, охлаждаясь в промежуточном теплообменнике, поступает на вход в дополнительную ВТ-II. В ВТ-II как и в ВТ-I, происходит разделение на горячий и холодный потоки. Холодный через диафрагму и трубку дополнительного потока подается в присевую зону

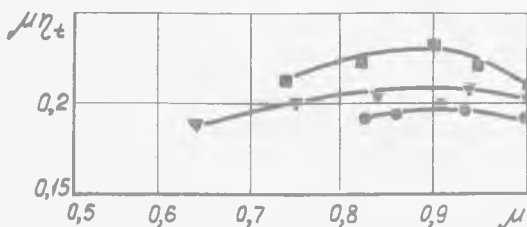


Р и с. 1. Схема двухступенчатого ВХ

ВТ-I, где, смешиваясь с холодным потоком основной ВТ-I, участвует в процессе энергоразделения и выводится через диффузор холодного потока к потребителю. Горячий поток ВТ-II разделяется на два потока. Один, охлаждаясь в промежуточном теплообменнике, подается через трубку дополнительного потока в присевую зону дополнительной ВТ-II. При этом он участвует в процессе энергоразделения как в дополнительной, так и в основной ВТ и далее поступает к потребителю. Другая ветвь через регулирующий вентиль выводится из цикла.

Преимущество двухступенчатого ВХ заключается в следующем: во-первых, за счет участия дополнительных потоков основной и дополнительной ВТ в повторных процессах энергоразделения интенсифицируются процессы температурного разделения газа; во-вторых, рабочая область сдвигается в область более высоких  $\mu$ ; в-третьих, появляется возможность осушать воздух холодного потока путем вывода влаги и масла из горячего потока в промежуточных теплообменных аппаратах.

Эксперименты проводились в области больших значений  $\mu$ , газ, поступающий от компрессора, предварительно не обрабатывался. Этим отчасти объясняется недостаточное повышение адиабатного к.п.д. (рис.2). Резервы повышения  $\mu h_c$  заключаются в оптимизации узлов горячей зоны основной и дополнительной ВТ и оптимизации соотношения диаметров  $d_0$  ВТ. Смещение из оптимума  $\mu h_c$  в область  $\mu = 0,85-0,95$  и пологий оптимум адиабатного к.п.д. указывают на широкую рабочую область ВХ.



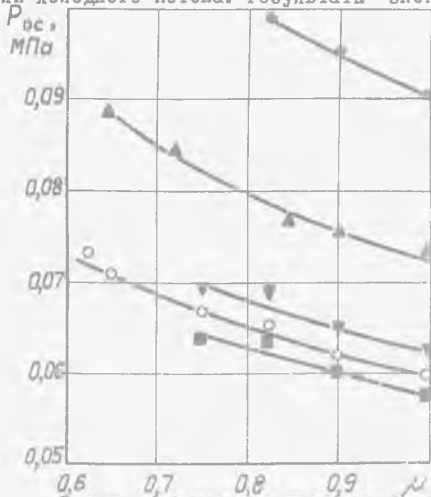
Р и с. 2. Зависимость  $\mu\eta_x$  от  $\mu$ :  $\blacksquare$  -  $P_0 = 0,7$  МПа;  $\blacktriangledown$  -  $P_0 = 0,6$  МПа;  $\bullet$  -  $P_0 = 0,5$  МПа

Для увеличения  $\mu\eta_x$  необходимо повысить  $\mu$ .

Для увеличения доли холодного потока необходимо вводить дополнительный поток в дополнительную ВТ-П, одновременно тем самым интенсифицируя процесс энергоразделения. Для осуществления вдува дополнительного потока со стороны диффузора дополнительной ВТ необходимо знать длину патрубка дополнительного потока и его диаметр. Рекомендации Ш.А.Пиралишвили [2] и А.В.Мурашкина [3] для двухступенчатой конструкции нельзя принимать, дополнительно не проверив.

В связи с этим была проведена серия экспериментов с целью исследования давлений на оси двухступенчатой конструкции. Датчик давления вводился на расстоянии 0,73; 1; 1,73 и 3 калибра от диффузора ВТ-П, и проводились замеры при изменении доли холодного потока. Результаты экспериментов представлены на рис. 3.

Из графиков видно, что с уменьшением доли холодного потока давление на оси дополнительной ВТ монотонно возрастает. Из представленного можно сделать вывод, что оптимальной длиной патрубка дополнительного потока следует считать длину от 0 до 1,5 калибра. Тогда дополнительный поток будет вводиться в зону наименьшего давления, что немаловажно для двухступенчатой конструкции, так как циркуляционный поток после диффузора дополнительной ВТ не обладает достаточно высоким давлением и, таким образом, его желательно эжектировать в присосевую зону в ВТ-П.



Р и с. 3. Изменение давления на оси ВТ-П в зависимости от  $\mu$ ,  $P_0 = 0,7$  МПа;  $P_x = 0,1$  МПа:  $\circ$  -  $\epsilon = 3$ ;  $\blacktriangledown$  -  $\epsilon = 1,73$ ;  $\triangle$  -  $\epsilon = 1$ ;  $\blacksquare$  -  $\epsilon = 0,73$ ;  $\bullet$  -  $\epsilon = 0$

## Л и т е р а т у р а

1. А. с. 1002754 (СССР). Вихревой холодильник /А.Д.Суслов, А.Б.Мурешкин, В.Н.Михушкин и др. - Опубли. в Б.И., 1983, № 9.
2. Пиралишвили Ш.А., Михайлов Е.Г. Экспериментальное исследование вихревой трубы с дополнительным потоком. - В кн.: Некоторые вопросы исследования теплообмена и тепловых машин.-Куйбышев: КуАИ, 1973, вып. 56, с. 64-74.
3. Суслов А.Д., Мурешкин А.Б. Циркуляция горячего потока как метод повышения эффективности вихревой трубы. - В кн.: Вихревой эффект и его промышленное применение. - Куйбышев: КуАИ, 1982, с. 99-101.

УДК 669.1:621.874:613.6

В.П.Алексеев, А.И.Азаров, А.Ф.Дроздов,  
П.Е.Кротов

### НОВАЯ ВИХРЕВАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ СРЕДСТВ ОХРАНЫ ТРУДА

В последние годы важным направлением в работе лаборатории вихревых генераторов холода ОТИХП стало создание вихревых аппаратов и приборов, предназначенных для улучшения условий и охраны труда персонала в горячих цехах, в шахтах и на транспорте.

По заказам предприятий Москвы, Донецка, Риги, Одессы и др. городов разработаны, исследованы и частично внедрены головные образцы или партии аппаратов различного назначения: холодильники, воздухоохладители, кондиционеры мощностью от десятков ватт до нескольких киловатт, в одно- и многотрубном исполнении, с использованием неохлаждаемых цилиндрических, конических и охлаждаемых оребренных вихревых труб (таблица)

Воздухоохладители ВВ-0,5/1,5-4 и ВВ-05/1,5-4 различаются конструкцией узла для выпуска горячего потока: в первой модификации он выполнен в виде упругой регулируемой мембраны, во второй - в виде тела (шарик, упругая пластина), колеблющегося в потоке. При давлении сжатого воздуха  $P_c = 0,4$  МПа и отношении давлений  $\pi = 3,7$  коэффициент энергетической эффективности устройств достигает  $\eta_g = 0,26$ . Причем, как показали эксперименты, вдув дополнительного потока в виде центростремительных (встречных) струй, подаваемых в камеру энергоделения на расстоянии от 1,5 до 5 диаметров камеры, позволяет при доле холодного потока  $\mu = 0,4$  повысить величину эффекта охлаждения.

Для диапазона значений  $1,0 < \pi \leq 1,85$  и  $0,05 \leq \mu \leq 0,6$  при температуре сжатого воздуха  $T_c = 300$  К величины эффекта охлаждения и степени недорасширения могут быть определены по следующим эмпирическим