

Р и с. 6. Принципиальная схема установки

50% окружающего воздуха. Горячий поток вихревой трубы используется для разогрева продуктов (в подогревателе 3) после их хранения в вихревом холодильнике ТВХ-35, установленном непосредственно в зоне отдыха.

Обобщение полученного опыта, в частности, исчисление величин интегрального показателя качества изделий, учитывающего совокупность их технологических и эксплуатационных свойств, позволит выделить наиболее перспективные модификации и ограничить таким путем увеличение числа их типоразмеров.

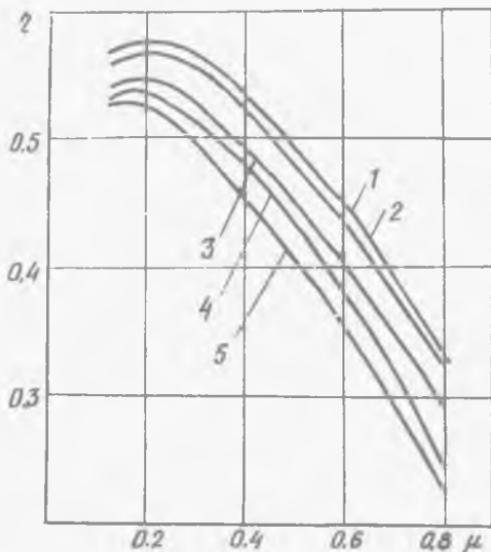
УДК 621.573

А.П.Л е п я в к о

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ С ВИХРЕВЫМИ ТРУБАМИ ПРИ ВЫСОКИХ НАЧАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЯХ СЖАТОГО ВОЗДУХА И СТЕПЕНЯХ РАСШИРЕНИЯ

В настоящее время достаточно широко используется сжатый воздух давлением 20 МПа. Такой воздух может быть применен для получения низких температур в устройствах с вихревыми трубами без теплообменных аппаратов, что обеспечивает компактность и малую инерционность установки.

Для получения низких температур при высоких начальных давлениях и высоких степенях расширения рекомендуется использовать ступенчатые схемы, но чтобы степень расширения в вихревой трубе не превышала 6-8. Это условие определяется тем, что эффективность вихревых труб при более высоких степенях расширения резко снижается [1]. Проведенные исследования



Р и с. 1. Экспериментальные значения коэффициента энтальпийной эффективности: 1, 2, 3, 4, 5 — $\beta = 3; 5; 12; 24; 36$ соответственно

использованы характеристики диффузорных вихревых труб диаметром 30 мм, длиной вихревой камеры 450 мм, углом конусности вихревой камеры $30^{\circ}30'$, с конической трубкой холодного потока длиной 150 мм, углом конусности 15° , полученные при степенях расширения 3–36 с оптимальными для каждого режима работы значениями площади проходного сечения соплового ввода и диаметра отверстия диафрагмы [3]. Характеристики ВТ представлены на рис. 1.

При расчете ступенчатых схем принято, что доли холодного потока и степени расширения ВТ каждой ступени расширения одинаковы. Не учитывалось также влияние масштабного фактора на характеристики ВТ.

На рис. 2 приведены зависимости температуры холодного потока от отношения расхода холодного воздуха к расходу сжатого (M_x) при расширении с давления 20 до 0,1 МПа в одной, двух и трех вихревых трубах. Температура сжатого воздуха при 20 МПа принималась равной 20°C .

При расчете расширения воздуха в одной трубе ($\beta = 200$) принято, что величина безразмерного эффекта охлаждения

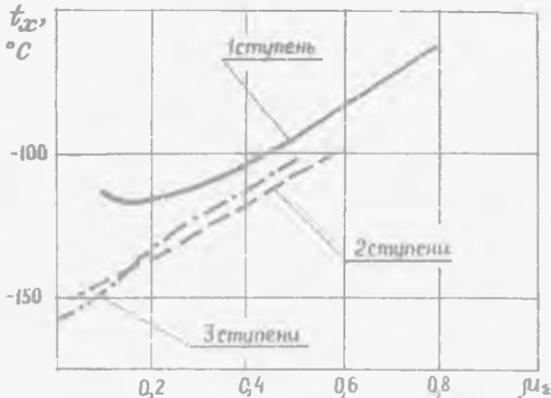
$$1 - \theta_x = \frac{\Delta t_x - (-\Delta t_{\text{доп}})}{T_{\text{вх}}}$$

[2, 4] показали, что эффективность работы вихревых труб при высоких степенях расширения может быть существенно увеличена путем рационального выбора величины относительной площади проходного сечения соплового ввода. В связи с этим целесообразно провести анализ ступенчатых схем расширения при высоких расширяемых степенях расширения.

С этой целью сделаны расчеты достижимой температуры холодного потока при расширении воздуха в одной ВТ и ступенчатом расширении в нескольких вихревых трубах.

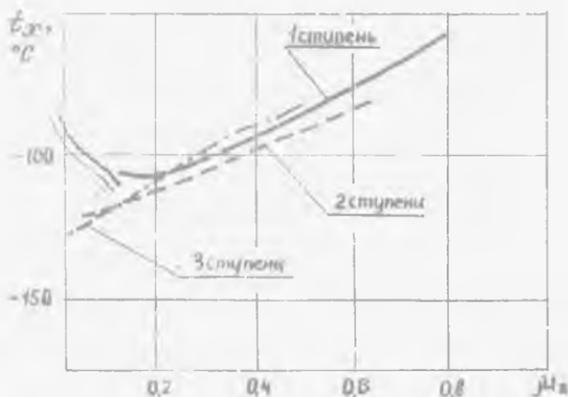
При расчете использо-

Как видно из рисунка, ступенчатое расширение воздуха в двух ВТ ($\mathcal{N}_i \approx 14$) позволяет значительно снизить температуру получаемого воздуха в сравнении с расширением в одной трубе. Температура воздуха в этом случае достигает -150°C при $M_{\Sigma} = 0,04$ и -135°C при $M_{\Sigma} = 0,2$, в то время как при расширении воздуха в одной ВТ минимальное значение температуры составляет -116°C при $M_{\Sigma} = 0,2$. Увеличение числа ступеней расширения практически не дает возможности существенно снизить температуру воздуха. Так, при последовательном расширении воздуха в трех вихревых трубах ($\mathcal{N}_i \approx 6$) минимальная температура воздуха, получаемая при $M_{\Sigma} = 0,008$, составляет -158°C .



Р и с. 2. Влияние числа ступеней на величину эффекта охлаждения

На рис. 3 представлены результаты расчета температуры холодного воздуха в случае, когда перед расширением в ВТ воздух дросселируется с 20 до 3,6 МПа. Предварительное расширение может быть необходимо с целью



Р и с. 3. Величина эффекта охлаждения при предварительном дросселировании

увеличения размеров используемых ВТ.

Минимальная температура, достигаемая при расширении в одной ВТ при $M_{\Sigma} = 0,18$, составляет -107°C . При расширении в двух ВТ ($\mathcal{N}_i = 6$) температура холодного воздуха равна при $M_{\Sigma} = 0,04$ -121°C , а при $M_{\Sigma} = 0,18$ -113°C . Трехступенчатое расширение воздуха ($\mathcal{N}_i \approx 3,5$) не дает существенного снижения температуры в сравнении с двухступенчатым.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1) при расширении воздуха давлением 20 МПа в ВТ нецелесообразно использование более двух ступеней расширения;

2) ступенчатое расширение воздуха в двух ВТ позволяет увеличить эффект охлаждения в сравнении с расширением воздуха в одной трубе на 15-20% при расширении с 20 до 0,1 МПа и на 5-10% при расширении с 3,6 до 0,1 МПа.

Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.И. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969. - 183 с.
2. Поляков А.А., Лепяко А.П., Ильина Н.И. Повышение эффективности работы вихревых труб. - Холодильная техника, 1982, № 4, с. 29-32.
3. Поляков А.А., Лепяко А.П. Результаты испытаний адиабатных вихревых труб в широком диапазоне степеней расширения. - Тезисы докладов III Всесоюзной научно-технической конференции по холодильному машиностроению ЦИТИХИМНЕФТЕМАШ, М., 1982, с. 27-28.
4. Сулов А.Д., Чижиков Ю.В. Методика расчета вихревых холодильников. - В сб.: Некоторые вопросы исследования вихревого эффекта и его промышленного применения. - Куйбышев, 1974, с. 95-99.

УДК 621.578

С.О. Муратов, С.В. Приходько, Ю.М. Симоненко*

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОГО ПОТОКА В ОРЕБРЕННЫХ КАМЕРАХ

Расширяющееся использование ВТ с пластинчато-ребристой камерой энергоразделения [1, 2] обусловило необходимость детального исследования температурно-динамических характеристик потока непосредственно в полости оребренной камеры. Для этой цели изготовлен специальный комплект ребер, внешний размер которых соответствовал очертаниям прокладок-дистанцеров. При отсутствии наружного оребрения, а следовательно и теплового от периферии вихря, исследована температура ребер в зависимости от их расположения в пакете (рис. 1,а). Анализ зависимостей, полученных при отношениях давлений $\pi = 1,5-8$, указывает на неравномерность нагрева ребер по длине камеры. Причем увеличение количества ребер до $n = 60$ и толщины прокладок-дистанцеров между ними до $d_{np} = 1,2$ мм

* Работа выполнена под руководством проф. В.П. Алексеева