

## Л и т е р а т у р а

И. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969, 183 с.

УДК 621.565.3

В.П.Алексеев, А.И.Азаров, П.Е.Кротов

### ОБОБЩЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ С ВНУТРЕННИМ ОРЕБРЕНИЕМ КАМЕРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

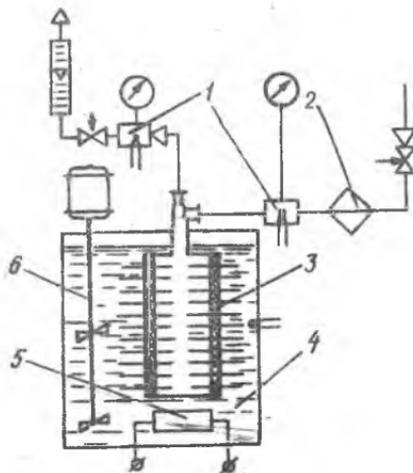
Разработка и исследование в ОТИХП неадиабатной ребристой ВТ имеет целью повышение эффективности вихревого процесса путем уменьшения необратимости теплосъема с периферии вихревого потока. Это достигается благодаря большим коэффициентам оребрения как внутренней, так и наружной поверхности камеры энергетического разделения.

Известно несколько модификаций ВТ с внутренним оребрением горячего конца (а.с. № 435419, 456118, 479684, 567906). У наиболее простых и технологичных устройств этого типа горячий конец выполнен в виде пакета плоских пластин-ребер, изготовленных из теплопроводного материала, и чередующихся с ними кольцевых прокладок. Участки пластин, охватываемые прокладками, образуют внутреннее оребрение, а участки, находящиеся вне прокладок, - внешнее оребрение камеры энергетического разделения. Эффективный теплосъем с периферии вихревого потока способствует росту полезной холодопроизводительности таких ВТ [3].

Цель работы состояла в исследовании влияния жидкостного охлаждения на температурно-энергетические характеристики ребристой ВТ диаметром 10 мм, длиной заглушенной камеры энергетического разделения 120 мм и длиной начального конического неоребреного участка 30 мм (угол конусности  $3^{\circ}$ ). В ребрах были выполнены по 5 отверстий диаметром 12 мм. Совокупность соосных вихревой камер центральных отверстий образует основную зону камеры энергетического разделения, остальные отверстия выполнены для ликвидации

застойных зон в межреберных щелях вихревой камеры. Коэффициент внутреннего оребрения исследуемой ВТ - 40, наружного - 50.

В ходе эксперимента измерялась температура торможения холодного потока  $T_x$  при температуре неосушенного скатого воздуха  $T_c = 293-338\text{K}$ , его давления перед сопловым вводом  $P_c = 0,165-0,330\text{ МПа}$ , температуре, охлаждающей наружное оребрение воды  $T_g = 291-350\text{K}$  и неизменном давлении холодного потока после диафрагмы  $P_x = 0,11\text{ МПа}$ . Измерения проводились при фиксированных значениях степени расширения скатого воздуха  $\pi = 1,5; 1,9; 2,5; 3,0$ . Для стабилизации температуры воды на всей поверхности наружного оребрения горячий конец ВТ был помещен в термостат.



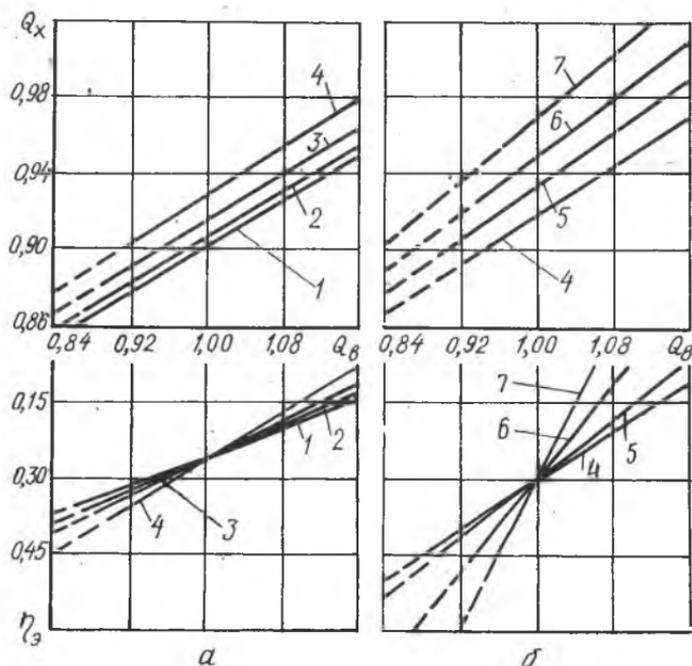
Р и с. 1. Схема экспериментального стенда для исследования ВТ с внутренним оребрением горячего конца: 1 - расширители; 2 - теплообменник; 3 - ВТ; 4 - термостат; 5 - подогреватель; 6 - мешалка

Схема экспериментального стенда приведена на рис. 1. Методика и техника измерений описана в работах [1, 2].

Результаты измерений обработаны и представлены в виде графиков (рис. 2) зависимости  $\theta_x = T_x / T_c$  и  $\eta_g = \Delta T_x / \Delta T_g$  от  $\theta_g = T_g / T_c$  при различных  $\pi$  в ВТ в сопоставлении с аналогичными характеристиками неоребренной ВТ [4].

Установлено, что при  $\theta_g = 1$  коэффициент энергетической эффективности составляет 30% и не зависит от степени расширения воздуха. У неоребренной ВТ автономность достигается при относительной температуре охлаждающей воды  $\theta_g = 1,03$ . Коэффициент энергетической эффективности при этом составляет 23%.

С уменьшением уровня  $\theta_g$  эффективность оребренной трубы значительно выше 30% и быстро возрастает с уменьшением степени расширения в ВТ. Например, она достигает 40 и 45% при  $\pi = 1,5$  и относительной температуре воды 0,975 и 0,962 соответственно. При



Р и с. 2. Зависимость относительной температуры холодного потока и коэффициента энергетической эффективности от температуры охлаждающей воды по а) данным [4], б) данным авторов для значений  $\pi$ : 1) 6,0; 2) 5,0; 3) 4,0; 4) 3,0; 5) 2,5; 6) 1,9; 7) 1,5

$\pi = 1,9$  и  $\theta_{\text{в}} = 0,920$  коэффициент энергетической эффективности составляет 48%. Это свойство оребренной ВТ позволяет создавать экономичные генераторы холода со ступенчатым соединением ВТ.

В целом сравнение характеристик гладкостенной и оребренной ВТ позволяет сделать вывод о важных энергетических преимуществах последней.

#### Л и т е р а т у р а

1. А зар ов А.И. Охлаждаемая вихревая труба с нестационарным горячим потоком. - В сб.: Холодильная техника и технология. - Киев: Техника, 1973, № 17, с. 41-44.

2. А з а р о в А.И. Характеристика вихревой трубы с рециркулирующим горячим потоком. - В сб.: Холодильная техника и технология. - Киев: 1974, № 18, с. 48-52.
3. А л е к с е е в В.П., А з а р о в А.И. и др. Вихревые трубы с внутренним оребрением горячего конца. - В сб.: Вихревой эффект и его применение в технике. - Куйбышев: 1976, с. 113-118.
4. Б и р ю к В.В., В и л я к и н В.Е. Экспериментальное исследование охлаждаемой вихревой трубы. - В сб.: Вихревой эффект и его применение в технике. - Куйбышев: 1976, с. 90-96.

УДК 621.573

А.П.Меркулов, Л.С.Кекконен

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ ТРУБ С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ОСЬЮ СИММЕТРИИ

В литературе по вихревому эффекту отсутствуют какие-либо сведения относительно влияния криволинейности оси вихревой зоны на характеристики ВТ. Нами были проведены аналитическая оценка степени влияния изгиба оси вихревой зоны на эффективность ВТ, а также эксперименты с целью:

исследования характеристики ВТ в зависимости от параметров изгиба вихревой зоны, оцениваемых радиусом изгиба  $R$  и овальностью сечения  $n = \frac{D_2 - D_1}{D} \cdot 100\%$ ;

получения данных о влиянии конфигурации и места расположения изогнутого участка на длине вихревой зоны на характеристики ВТ; оценки способности изогнутой ВТ к самовакуумированию.

Для аналитической оценки воспользуемся известными выражениями гипотезы взаимодействия вихрей [1] для распределения статического давления, плотности и температуры по радиусу в свободном и вынужденном вихрях, а также полученным в работе [2] выражением для массовой доли холодного потока.

Решение этих уравнений позволяет найти зависимость давления  $P_{ос}$  на оси от массовой доли  $\mu$  холодного потока (рис. 1), из