

потери остаются и кривая $p_2^* = f(\mu)$ пересекается на этом режиме с кривой $p_{из}^* = f(\mu)$.

В заключение следует отметить, что гипотеза понижения температуры газа в вихревой трубе в связи с совершением им работы трения была высказана И.А. Чарным [6]. Результаты исследования приведенные в работе подтверждают правильность главной идеи.

Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П. Совместная работа вихревой трубы и диффузора, "Холодильная техника", 1962, № 4, с.34.
2. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в механике. М., "Машиностроение", 1969.
3. Мартынов А.В., Бродянский В.М. Исследование параметров вихревого потока внутри трубы Ранка - Хилла. ИФЖ, 1967, т.ХП, № 5.
4. Мартынов А.В., Бродянский В.М. Исследование параметров вихревого потока в сопловом сечении трубы Ранка-Хилла. В сб. "Исследование нестационарного теплообмена", Минск, 1966.
5. Митрохин В.Т. Выбор параметров и расчет центростремительной турбины на стационарных и переходных режимах. М., "Машиностроение", 1974.
6. Чарный И.А. К теории вихревого холодильника. - Известия АН СССР (ОТН), 1962, № 6, с.148.

А.И. Борисенко, В.А. Высочин, В.А. Сафонов

О СВЯЗИ ВНЕШНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ
С ВИДАМИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОТОК В ЕЕ ГОРЯЧЕМ УЧАСТКЕ

Принятые обозначения

L, \bar{D}, \bar{F} - приведенные величины длины горячего участка, диаметра отверстия диафрагмы, площади сопла в критическом сечении	n - число каналов сопла
H, B - высота, ширина каналов сопла в критическом сечении	μ - относительная доля холодного потока
	G - массовый секундный расход

Δ - относительная шероховатость.

И н д е к с ы

O, Γ, X , доп - параметры на входе в сопло горячего, холодного и дополнительного потоков.

Исследователями проявлений вихревого эффекта неоднократно отмечался факт повышения эффективности вихревой трубы при постановке перед дросселем крестовин [1], вдува дополнительного потока со стороны дросселя [2], [3] и других конструктивных мероприятий. Однако сравнение эффективности того или иного метода невозможно, поскольку опыты производились на разных моделях вихревых труб.

Для выявления связи внешних характеристик вихревой трубы с видами воздействия на поток в ее горячем участке использовалась 55 - миллиметровая цилиндрическая вихревая труба.

Геометрия вихревой трубы: $\bar{D} = 0,5$; $\bar{L} = 14$; $\bar{F} = 0,1$;
 $n = 1$; $H/B = 0,5$.

Воздействие на горячий поток осуществлялась изменением шероховатости горячего участка и постановкой перед дросселем различного рода крестовин. Кроме того, была испытана вихревая труба без крестовины, но с дополнительным подводом воздуха через центральное отверстие в коническом дросселе (диаметр отверстия - $0,36 D$).

Эти испытания проводились следующим образом: без подачи дополнительного воздуха с помощью конического дросселя устанавливался режим $\mu \approx 0,1$, а затем, изменением расхода дополнительного воздуха, осуществлялось увеличение μ при постоянном положении дросселя.

Наряду с этим проведены испытания с впрыскиванием воды через центральное отверстие в дросселе. В этом случае положение дросселя изменялось и изменялся также расход воды, в результате был найден оптимальный расход воды (G воды опт. = $0,15 G_0$), обеспечивающий максимальное повышение эффективности по холодной составляющей в диапазоне $\mu = 0,15 - 0,7$.

Во всех экспериментах замер температуры холодного воздуха осуществлялся термометром сопротивления типа П-1, установленным в стеклянном патрубке на расстоянии $3 D$ от плоскости диафрагмы. Внутренний диаметр патрубка равен D .

Температура воздуха, подводимого к вихревой трубке, воды и горячей составляющей, измерялась термомпарами группы X - K.

Измерение расходов воды и воздуха проводилось стандартными мерными устройствами [4].

Подсчет значений μ выполнялся по формуле

$$\mu = 1 - \varrho_r / \varrho_0,$$

а с дополнительным подводом воздуха - по формуле

$$\mu = 1 + (\varrho_{\text{доп}} - \varrho_r) / \varrho_0.$$

Воздух, подводимый к вихревой трубе осушался алюмогелем.

Испытания вихревой трубки проводились при постоянном давлении на входе в сопло $p_0^* = 3,9 \cdot 10^5$ н/м². Патрубок холодного воздуха непосредственно сообщался с атмосферой.

Температура воды и воздуха во всех экспериментах не превышала 25°C.

В экспериментах с впрыскиванием воды для отделения ее от горячей составляющей, между дросселем и расходомером горячего воздуха был установлен бак - отстойник объемом 0,2 м³.

Статистически обработанные результаты испытаний вихревой трубки представлены на рис. I, 2 в виде зависимостей

$$\sigma T_x = f(\mu).$$

Расчет σT_x производился по формуле

$$\sigma T_x = (T_0 - T_x) / T_0,$$

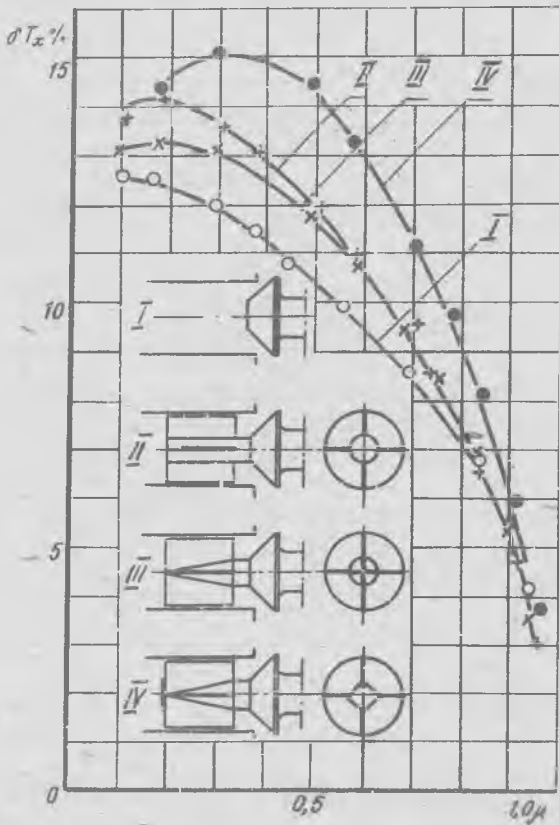
где T_x - замеренная температура холодного воздуха;

T_0 - температура воздуха, поступающего в сопло.

Из полученных экспериментальных зависимостей (см. рис. I) видно, что постройка крестовины существенно повышает эффективность вихревой трубы. Кроме того, наилучшие результаты дает крестовина в варианте IV. Этот вариант отличается тем, что четыре лопасти крестовины закреплены на коническом стержне, а с торца приварена прямоугольная пластинка с размером сторон 0,38 D. Длина лопастей крестовины во всех случаях составляла 0,95 D. Наибольший диаметр стержня - 0,36 D.

На рис. 2 показаны зависимости $\sigma T_x = f(\mu)$ для случаев, когда через центральное отверстие в коническом дросселе осуществлялся подвод либо воды, либо дополнительного воздуха.

Анализ материалов показывает, что подвод дополнительных масс повышает эффективность вихревой трубы без крестовины.

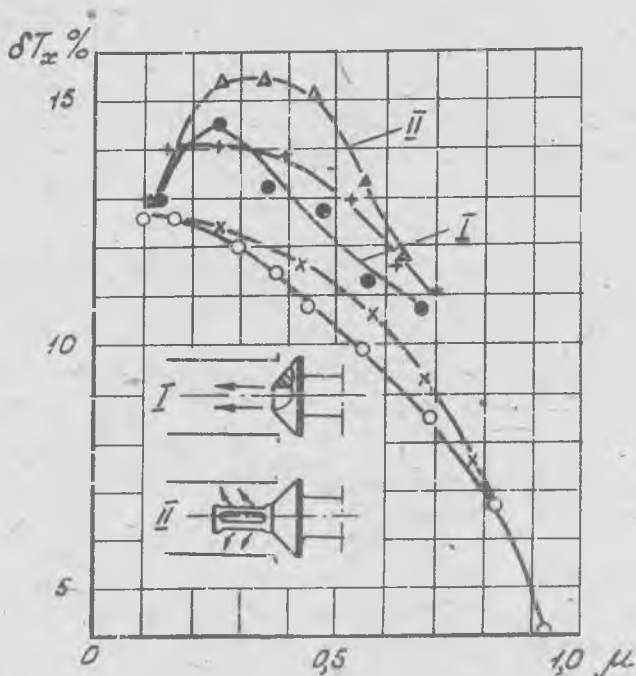


Р и с. I. Влияние формы крестовины на эффективность вихревой трубы:

I - IV - варианты дроссельных устройств горячего потока

Причем, ввод дополнительного воздуха через насадку (вариант II) оказывается наиболее эффективным. Однако следует отметить, что в диапазоне $\mu = 0,2 - 0,7$ практически те же результаты достигаются с помощью крестовины в варианте IV (см. рис.I).

Опыты по выявлению влияния шероховатости горячего участка проводились на вихревой трубе с дросселем, выполненным в варианте I (см. рис. I).



Р и с. 2. Влияние различных факторов на внешние характеристики вихревой трубы:

- ● - обдув дополнительного воздуха через отверстие (вариант I);
- ▲ - вдув через насадку (вариант II);
- + - вдув воды через отверстие (вариант I);
- ○ - без подвода дополнительных масс (шероховатость горячего участка $\bar{\Delta} = 2-8 \cdot 10^{-2}$);
- x - без подвода дополнительных масс (шероховатость горячего участка $\bar{\Delta} = 3 \cdot 10^{-2}$)

Увеличение шероховатости от $\bar{\Delta} = 2$ до $\bar{\Delta} = 8 \cdot 10^{-4}$ (стекляный горячий участок и механически обработанный стальной) не оказывает влияния на внешние характеристики.

Дальнейшее увеличение шероховатости до $\bar{\Delta} = 3 \cdot 10^{-2}$ способствовало улучшению внешних характеристик вихревой трубы на 10% в диапазоне от $\mu = 0,5$ (см. рис. 2) с уменьшением этого влияния до 0 при $\mu = 0,0$ и 1,0.

Зернистая шероховатость $\bar{\Delta} = 3 \cdot 10^{-2}$ внутренней поверхности горячего участка была получена путем нанесения слоя речного песка на клее БФ-2.

В ы в о д ы

1. Наиболее эффективной конструкцией крестовины следует считать вариант IV.
2. В диапазоне $\mu = 0,2 - 0,7$ нецелесообразно вводить в горячий конец вихревой трубки со стороны дросселя дополнительные массы, поскольку аналогичные результаты достигаются с помощью крестовины.
3. Любой способ увеличения сопротивления вращательному движению потока ($\mu = const$) в горячем участке в той или иной мере способствует повышению энергетической эффективности вихревой трубы.

Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М., "Машиностроение", 1969.
2. Меркулов А.П., Пиралишвили Ш.А. Исследование вихревой трубы с дополнительным потоком. Труды КуАИ, 1969, вып. 37.
3. Гуляев А.И. Исследование вихревого эффекта. ЖТФ, 1965, т. XXV, вып. 10.
4. Правила 28-64. М., Издательство стандартов, 1965.