

Л.М. Дыскин, П.Т. Крамаренко

О ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ОТ ДЛИНЫ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

Принятые обозначения

D - диаметр вихревой трубы	M_0 - полный массовый расход воздуха через сопло вихревой трубы
L - длина вихревой трубы	M_x - массовый расход холодного воздуха через отверстие диафрагмы
d - диаметр отверстия диафрагмы	$\mu = \frac{M_x}{M_0}$ - относительный расход холодного воздуха
S - площадь поперечного сечения входного сопла	T - температура сжатого воздуха перед вихревой трубой
$\bar{F}_c = \frac{4S}{\pi D^2}$ - относительная площадь поперечного сечения входного сопла	T_x - температура холодного воздуха на выходе из вихревой трубы
$\bar{d} = \frac{d}{D}$ - относительный диаметр отверстия диафрагмы	$\Delta T_x = T - T_x$ - эффект охлаждения воздуха
$L = L/D$ - относительная длина вихревой трубы	
p - давление сжатого воздуха перед вихревой трубой	

Имеющиеся в литературе опытные данные по сравнительной эффективности цилиндрических вихревых труб длиной не более 10 калибров (с установленной на горячем конце спрямляющей крестовиной) и вихревых труб длиной не более 20 калибров (без спрямляющей крестовины) весьма немногочисленны и противоречивы.

В работе [1] указывается, что короткая вихревая труба со спрямляющей крестовиной эффективнее длинной трубы без крестовины. Однако в данной работе не приведены опытные данные, подтверждающие этот вывод.

Сравнительные характеристики обеих труб, полученные в работе [2], показывают преимущество длинных труб без спрямляющей крестовины.

В указанной статье представлены результаты испытаний только

для одного режима работы при величине относительного расхода холодного воздуха $\mu = 0,5$, что значительно ограничивает область использования приведенных данных.

С целью уточнения сравнительной эффективности рассматриваемых конструкций вихревых труб нами были проведены исследования цилиндрических труб длиной 9 калибров со спрямляющей крестовиной и длиной 30 калибров без спрямляющей крестовины. В обоих случаях трубы имели диаметр 10 мм и односопловой спиральный ввод сжатого воздуха. Основные узлы экспериментальной установки, включая ресиверы холодного и горячего воздуха, выполнены из неметаллических теплоизоляционных материалов. Расходы воздуха определялись мерными соплами с точностью $\pm 1,5\%$. Температура воздуха измерялась лабораторными ртутными термометрами с точностью $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Давление сжатого воздуха на входе в трубу замерялось образцовым манометром, имеющим класс точности 0,4.

Результаты экспериментов для труб с относительной площадью входного сопла $\bar{F}_c = 0,109$ показаны на рис.1а. При давлении сжатого воздуха на входе, равном 2 ата, длинная труба оказывается эффективнее короткой во всем диапазоне изменения величины μ .

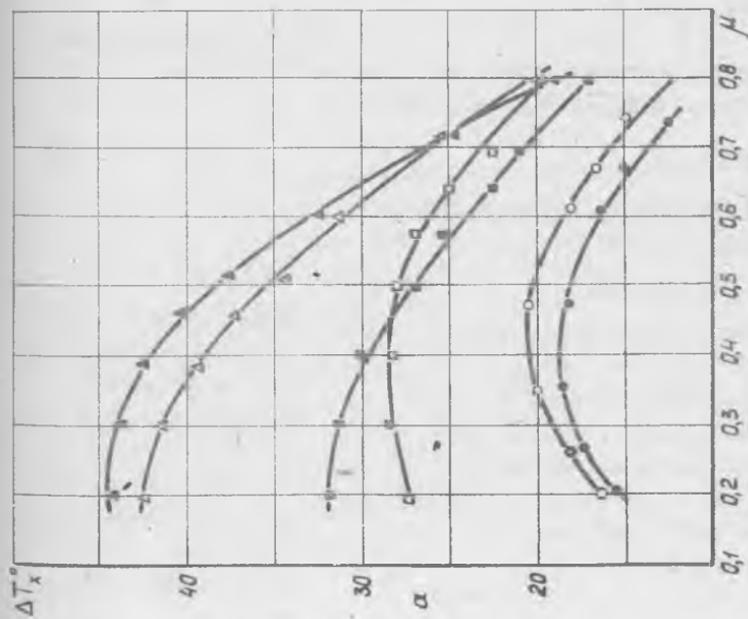
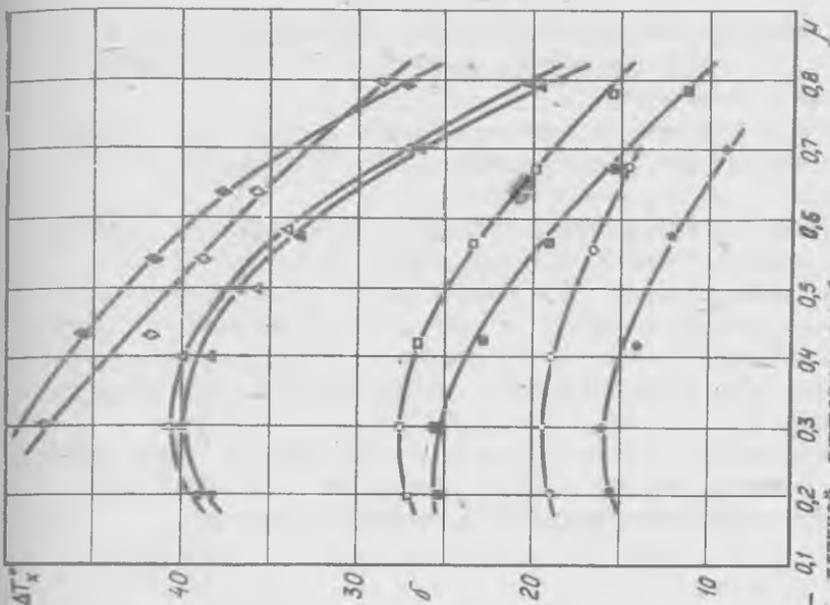
С увеличением входного давления до 3 ата короткая труба становится эффективнее длинной для значений $\mu < 0,45$. При больших значениях μ более эффективной остается длинная труба.

Увеличение входного давления до 5 ата приводит к расширению зоны преимущественной эффективности короткой трубы до величин $\mu < 0,7$.

Характер полученных зависимостей сохраняется для всех испытанных диафрагм, имеющих величину \bar{d}_0 относительного диаметра центрального отверстия, равную 0,38; 0,44 и 0,50.

Уменьшение площади поперечного сечения входного сопла до величины $\bar{F}_c = 0,08$ привело к некоторому изменению соотношения эффективностей короткой и длинной труб (рис.1,б). В этом случае преимущество длинной трубы сохраняется во всем диапазоне изменения величины μ при начальных давлениях сжатого воздуха, разных 2; 3 и 5 ата.

Преимущество длинной трубы уменьшается по мере увеличения начального давления, становясь совершенно незначительным при начальном давлении, равном 5 ата. Для давления сжатого воздуха, рав-



Р и с . 1. Влияние начального давления сжатого воздуха и относительного расхода охлаждающего воздуха на эффект охлаждения для короткой и длинной вихревых труб:
 • - • - 0 - 0 - P = 2 ата; □ - □ - L = 9 см; ▽ - ▽ - L = 30 см; D = 10 мм; α_в = 0,5, T = 20°C, F_c = 0,109 (а), F_c = 0,08 (б)

Р = 3 ата; ○ - ○, □ - □ - P = 5 ата;

Δ - Δ, ▴ - ▴ - P = 5 ата;

○ - ○, □ - □ - L = 9 см; ▽ - ▽ - L = 30 см;

при D = 10 мм; α_в = 0,5, T = 20°C, F_c = 0,109 (а), F_c = 0,08 (б)

ного 7 ата, короткая труба становится эффективнее длинной в области $\mu < 0,75$. При больших величинах μ более эффективной остается длинная труба.

Следует отметить, что во всех случаях лучший температурный эффект получен для входного сопла с относительной площадью $F_c = 0,109$.

Результаты экспериментов показали, что соотношение эффективностей температурного разделения воздуха в коротких трубах со спрямляющей крестовиной и в длинных трубах без спрямляющей крестовины неоднозначно и зависит от величины давления сжатого воздуха на входе в трубу; величины относительной площади поперечного сечения входного сопла и величины относительного расхода холодного воздуха.

Таким образом, выбор оптимальной длины вихревой трубы определяется в каждом отдельном случае конкретными значениями перечисленных выше величин конструктивных и режимных параметров.

Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П. Исследование вихревого эффекта. ЖТФ, 1956, том 26, вып. 6.
2. Райский Ю.Д., Тункель Л.Е. О влиянии конфигурации и длины вихревой трубы на процессы энергетического разделения газа. ИФЖ, 1974, том 27, № 6.

А.А. Поляков

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВИХРЕВЫХ ТРУБ НА ВЛАЖНОМ ВОЗДУХЕ

Принятые обозначения

T_0 - температура торможения на входе в вихревую трубу, К
 P_0 - полное давление на входе в вихревую трубу, бар
 μ - весовая доля холодного потока
 π - степень расширения воздуха в вихревой трубе
 T_x - температура холодного потока, К

Δt_x - эффект охлаждения, град
 d_x - влагосодержание холодного потока, г/кг
 $T_{T, P x}$ - температура точки росы холодного потока, К
 $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ - снижение температуры расширяющегося воздуха в сопловом входе вихревой трубы на единице его длины; К/см