

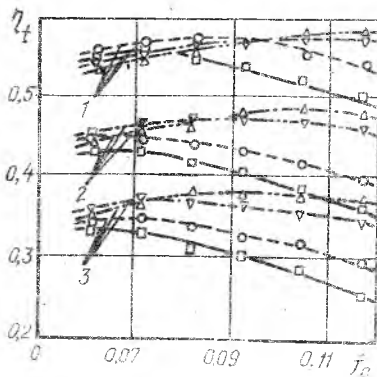
РЕЖИМ РАБОТЫ И ГЕОМЕТРИЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

Большинство современных методик расчета не учитывает влияния степени расширения газа (π_{mp}) на геометрию ВТ. Вихревые трубы, спроектированные на основе таких методик, работают эффективно лишь при относительно невысоких степенях расширения. При увеличении

π_{mp} эффективность ВТ значительно снижается. Анализ процесса энергетического разделения с использованием теории подобия [2], а также процессов, происходящих внутри ВТ [3], показали, что эффективность ее работы при высоких степенях расширения может быть значительно повышена путем рационального проектирования ВТ.

Авторами были проведены испытания конических ВТ диаметром $\varnothing = 0,042$ м с длиной вихревой камеры $L = 0,5$ м ($L/\varnothing \approx 12$). Угол конусности вихревой камеры $\gamma_k = 4^\circ$. Длина конической трубки холодного потока $L_x = 0,2$ м ($L_x/\varnothing \approx 5$), угол конусности $\gamma_k = 18^\circ$. При проведении экспериментов изменялись значения относительной площади проходного сечения соплового звена f_c в диапазоне 0,061–0,117 и относительно-го диаметра отверстия диафрагмы d_d в диапазоне 0,475–0,640. Эксперименты проведены при степенях расширения $\pi_{mp} = 3; 5; 8; 12$.

На рис. 1 приведены зависимости коэффициента температурной эффективности η_t вихревой трубы от значения относительной площади проходного сечения соплового звена при $d_d = 0,525$. Из рисунка видно, что величина f_c имеет некоторое оптимальное значение, которое зависит от режима работы (π_{mp} ; μ). Причем при невысоких степенях расширения влияние f_c на эффективность ВТ относительно невелико. При увеличении π_{mp} это



Р и с. 1. Температурная эффективность при различных f_c : 1–3 соответствуют $\mu = 0,3; 0,5; 0,65$; Δ — $\pi_{mp} = 3$; \circ — $\pi_{mp} = 5$; \square — $\pi_{mp} = 8$; \diamond — $\pi_{mp} = 12$

влияние становится значительным. С увеличением π_{mp} и μ оптимальное значение f_c уменьшается. Так, в случае $d_a = 0,525$ и $\mu = 0,3$ при $\pi_{mp} = 5$ оптимальное значение f_c близко к $0,117$, а при $\pi_{mp} = 12$ $f_c^{opt} \approx 0,071$. Эксперименты, проведенные при различных d_a , показали, что при увеличении d_a значение f_c^{opt} увеличивается.

Теоретический анализ процессов, происходящих в ВТ, позволяет определить факторы, оказывающие влияние на значение f_c^{opt} . Такими факторами являются: режим работы (степень расширения газа π_{mp} в ВТ и доля холодного потока μ); геометрические параметры (относительный диаметр отверстия диафрагмы d_a и диаметр D вихревой трубы). Анализ результатов, полученных авторами, а также результатов экспериментальных исследований конических ВТ [1, 2] позволил получить зависимость:

$$f_c^{opt} = 0,01 + 0,2 \pi_{mp}^{-0,6} \mu^{-0,6} d_a^{1,7} D^{-0,2} \quad (1)$$

Формула (1) получена на основании экспериментов, проведенных с коническими трубами $D = 0,02-0,042$ м при степенях расширения $\pi_{mp} = 2-16$ и долях холодного потока $\mu = 0,2-0,75$.

Применение ВТ с оптимальным значением f_c позволяет значительно увеличить эффективность работы при повышенных степенях расширения. При $\pi_{mp} = 12$ применение ВТ с f_c^{opt} дает возможность при $\mu = 0,3$ повысить эффективность на 10-12%, а при $\mu = 0,65$ - на 30-32%.

В работе [2] отмечается, что оптимальная величина относительного диаметра отверстия диафрагмы зависит не только от доли холодного потока, но и от степени расширения газа. Эксперименты, проведенные авторами при различных значениях d_a , показывают, что при неизменном значении f_c оптимальное значение d_a зависит от степени расширения. При росте π_{mp} значение d_a^{opt} увеличивается. Однако в случае применения сопловых вводов с f_c^{opt} зависимость $d_a^{opt} = f(\mu)$ остается практически неизменной при различных π_{mp} . Поэтому при расчете геометрии ВТ для определения d_a^{opt} можно не учитывать степень расширения.

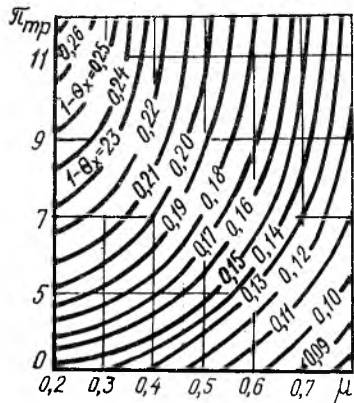
Проведенные эксперименты дают возможность построить номограмму для определения режима работы конических ВТ (рис. 2). Для определения режима работы удобно использовать графики

зависимостей $\pi_{тр} = f(\mu)$, полученные при постоянном значении безразмерной степени охлаждения $1 - \theta_x = \Delta T_x / T_{вх}$. Значения $1 - \theta_x$ получены при $f_{с\text{опт}}$ и $d_{э\text{опт}}$. По заданной величине $1 - \theta_x$ и известному значению $\pi_{тр}$ определяется доля μ .

При расчетах на ЭВМ можно использовать зависимость

$$\eta_t = \exp(-\exp(-0,708 - 0,069\pi_{тр})) + (\exp(-0,975 - 0,068\pi_{тр}))\eta_{л\mu} - (\exp(0,642 + 0,06\pi_{тр}))\mu. \quad (2)$$

При известных $\pi_{тр}$ и μ определяются геометрические параметры ВТ.



Р и с. 2. Зависимость степени расширения и доли холодного потока ВТ от безразмерной степени охлаждения: $1 - \theta_x = const$

Л и т е р а т у р а

1. Борисенко А.И., Сафонов В.А., Яковлев А.И. Влияние геометрических параметров на характеристики вихревого холодильника. - ИФЖ, т. XV, 1968, № 6.
2. Суслов А.Д., Чижиков Ю.В. Методика расчета вихревых холодильников. - В сб.: Некоторые вопросы исследования вихревого эффекта и его промышленное применение. - Куйбышев: КуАИ, 1974.
3. Лепявко А.П. Анализ процесса энергообмена между потоками газа внутри вихревой трубы. - В сб.: Вихревой эффект и его применение в технике. - Куйбышев: КуАИ, 1976.