

Н.Д.Колышев, В.Е.Вилякин

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОТДАЧУ  
В САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙСЯ ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ

Для применения самовакуумирующей вихревой трубы (СВТ) в качестве миниатюрной низкотемпературной холодильной установки представляет интерес исследование интенсивности теплоотдачи на поверхности цилиндрических тел, помещенных в присевую зону СВТ, а также влияние различных физических и геометрических характеристик СВТ на коэффициент теплоотдачи.

Исследовалась теплоотдача цилиндров в СВТ диаметром 30 мм. Цилиндры из красной меди диаметром 9 и 12 мм, длиной 30 мм имели внутренние электрические нагреватели, на поверхности каждого цилиндра равномерно по его длине монтировалось три термодпары. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  определялся стационарным методом при постоянной тепловой нагрузке цилиндра в зависимости от входного давления и степени расширения в вихре  $\mathcal{L}^*$ .

Для вычисления среднего значения  $\alpha$ , кроме известной (осредненной) температуры поверхности цилиндра, необходимо знать температуру прилегающих слоев вихря, что при высоком радиальном градиенте температуры в СВТ довольно сложная задача.

В настоящих экспериментах за указанную температуру принималась предельная температура, которую приобретает цилиндр при его тепловом равновесии с вихрем, т.е. при нулевой тепловой нагрузке.

Допускалось, что это значение температуры ввиду интенсивной турбулентности вихря практически не изменяется при появлении тепловой нагрузки. Однако специальными опытами было установлено, что при нагрузке более 5 Вт температура прилегающих слоев вихря повышается на 1-2К.

Зависимости, представленные на рис. 1, могут быть использованы для практической оценки возможности охлаждения тел в СВТ при различной тепловой нагрузке. В зависимости от давления  $P_1^*$  на входе в СВТ и мощности нагревателя изменяется эффект охлаждения цилиндра диаметром 9 мм (относительный диаметр  $\bar{d} = 0,3$ ):

$$\Delta T_c = T_1^* - \bar{T}_c, \quad (I)$$

где  $T_1^*$  - температура воздуха на входе в СВТ;  $T_4$  - средняя по поверхности температура цилиндра.

Эффект охлаждения резко увеличивается с повышением давления на входе в области значений  $P_1^* = 0,15-0,3$  МПа во всем диапазоне  $N$ , что связано как с ростом степени расширения, так и с увеличением коэффициента теплоотдачи на поверхности цилиндра. В диапазоне  $P_1^* = 0,3-0,5$  МПа  $\Delta T_4$  увеличивается незначительно. Учитывая полученные ранее выводы (\*), исследования проводились при оптимальных значениях геометрических параметров СВТ:

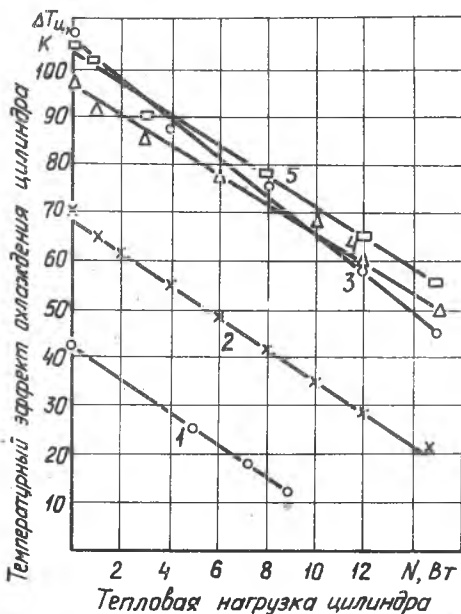
$\bar{F}_c = 0,1$ ;  $\alpha = 1,0$ ;  $L_{тр} = 1,0$ ;  $\bar{L}_{ст} = 1,0$ ;  $T_1^* = 293\text{К}$ .

Из всех физических параметров, определяющих режимы работы СВТ, на коэффициент теплоотдачи доминирующее влияние оказывают: степень расширения  $\pi^*$  как фактор скорости обтекания цилиндра элементами вихря и плотность  $\rho$  этих элементов.

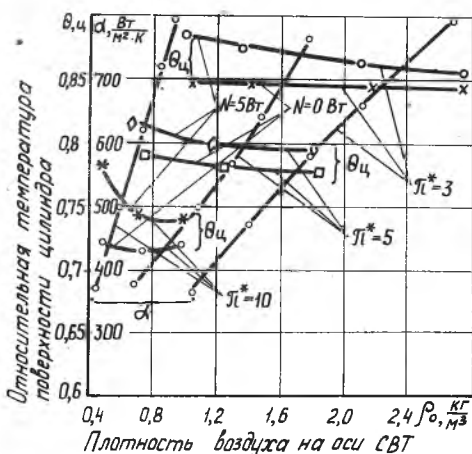
На рис. 2 показано влияние указанных параметров на коэффициент  $\alpha$  и относительную температуру  $\theta_4 = \bar{T}_4/T_1^*$  поверхности цилиндра ( $\bar{d} = 0,4$ ).

При различных величинах давления воздуха на входе в СВТ путем изменения зазора в диффузоре создавались определенные значения степени расширения  $\pi^*$  при разных величинах плотности  $\rho_0$  на оси СВТ (пропорциональной плотности на поверхности цилиндра).

При  $\pi^* = 3$  и  $N = 0$  в широком диапазоне изменения плотности ( $\rho_0 = 1,0-2,8$ )  $\theta_4$  и, следовательно, пропорциональный ей эффект охлаждения на оси СВТ остаются неизменными. Незначительно



Р и с. 1. Влияние тепловой нагрузки и входного давления на температурный эффект охлаждения цилиндра: 1-5 соответствуют  $P_1^* = 0,15; 0,2; 0,4; 0,3; 0,5$  МПа



Р и с. 2. Влияние плотности и степени расширения в вихре на теплоотдачу и относительную температуру поверхности цилиндра

изменяется  $\theta_{\text{ц}}$  и при  $\pi^* = 5$  и 10. Это еще раз наглядно подтверждает основное положение гипотезы взаимодействия вихрей [1].

Из представленных на рис. 2 зависимостей  $\alpha = f(\rho_0, \pi^*)$  следует, что при  $\pi^* = \text{const}$  изменение коэффициента теплоотдачи строго пропорционально изменению  $\rho_0$ . Допустимые значения  $\alpha = 400-800$  BT/m<sup>2</sup>·K при относительном диаметре цилиндра  $\bar{d} = 0,4$  значительно выше полученных ранее [2], в основном за счет влияния плотности омывающих цилиндр элементов вихря.

Эмпирическая зависимость коэффициента теплоотдачи от плотности на оси СВТ и степени расширения в вихре (рис. 1) имеет вид

$$\alpha = -1400 + 1931,7 \rho_0 + \pi^* (489,3 - 538 \rho_0) + \pi^{*2} (43,29 \rho_0 - 35,3).$$

В случае производственной необходимости изменением входного давления и щели диффузора можно поддерживать постоянную температуру цилиндра при значительном изменении его тепловой нагрузки.

При получении аналогичных зависимостей для цилиндров с другими относительными диаметрами появится возможность вывести эмпирическую зависимость  $\alpha = f(\pi^*, \bar{d}, \rho_0)$ , пригодную для инженерных расчетов теплоотдачи в СВТ.

#### Л и т е р а т у р а

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение. - М.: Машиностроение, 1969.
2. Колюшев Н.Д., Огородников Н.Н. Исследование теплоотдачи в рабочем пространстве вихревой трубы с диффузором. - Труды КуАИ, 1969, вып. 37.