

н.А.Артамонов

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ
С ВИНТОВЫМИ ЗАКРУЧИВАЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ

В работе приводятся результаты исследования в адиабатных условиях на воздухе диафрагмированных цилиндрических ВТ с D_T 20,0x2,0 и 25,0x2,5 мм с различными вариантами ВЗУ на конусной посадке в трубу. Параметры ВЗУ изменялись в пределах: β от 30 до 78 $^{\circ}$ C, \bar{F}_c от 0,04 до 0,124, D_d от 5 до 11 мм, H (высота винтовой нарезки) от 4 до 60 мм, h (высота выдвижения отверстия диафрагмы) от 0 до 9 мм, т.е. диафрагмы располагались сразу за срезом сплывовых каналов или выдвигались от них за счет конусного элемента ВЗУ. Режимные параметры изменялись: p_1 от 0,3 до 4,0 МПа, π от 2 до 8, $T_1 \sim 303$ К, V от 30 до 600 $\text{нм}^3/\text{ч}$. Исследования выявили зависимость от β как геометрических, так и термодинамических параметров ВТ, представленных в таблице. Данным значениям параметров ВЗУ соответствуют $\Delta T_{x \max}$, поэтому по температурной эффективности табличные значения параметров можно принять за оптимальные и использовать их при расчете труб. При одинаковых условиях опыта для ВТ с ТЗУ получено наилучшее значение η 0,41, которое несколько ниже, чем для ВТ с ВЗУ. Влияние μ на ΔT_x для ВЗУ с различными β отра-

Характеристика ВТ с ВЗУ и технологических параметров

Параметры ВЗУ					Технологические параметры		
D_T , мм	β , град	D_d , мм	H , мм	\bar{F}_c	U	η	μ *
20	75	9	90	0,11-0,115	21	0,435	0,4-0,6
20	60	9	20	0,09-0,095	18,5	0,420	0,5-0,8
20	45	9	20	0,07-0,075	16,5	0,340	0,6-1,0
16	75	7	20	0,11-0,115	10,0	0,370	0,4-0,6
16	60	7	20	0,09-0,095	10,0	0,310	0,5-0,8
16	45	7	20	0,07-0,075	9,0	0,230	0,6-1,0

* Диапазон дан с учетом применения охлаждаемых ВТ.

жено графиками на рис. I, из которых видно, что, начиная с μ 0,6, большие ΔT_x получаются уже при меньших β . Выдвижение диафрагмы положительно сказалось при закручивании паровоздушных смесей, уменьшая занос жидкой дисперсной фазы в "холодную" трубу. При $\pi > 2$ и $h > 4$ мм ΔT_x уменьшается из-за отрицательного влияния конуса на свободное расширение газа в трубе. Влияние D_g и масштаба труб такое же, как для труб с ТЗУ.

Опыты с охлажденными трубами в достаточно широком диапазоне изменения режимных параметров показали, что для инженерных расчетов труб с ВЗУ можно не учитывать влияние охлаждения на ΔT_x .

В результате обработки экспериментальных данных предлагается вариант расчета вихревых многотрубных аппаратов с ВЗУ.

1. По исходным данным ρ, V, π, T_1 и другим требованиям, пользуясь таблицей, определяют размеры труб и ВЗУ, по величине U находят число труб:

$$n = \frac{V}{U \rho} \quad (1)$$

Затем по имеющимся в [I] таблицах подбирается конструктивный вариант требуемого вихревого теплообменника.

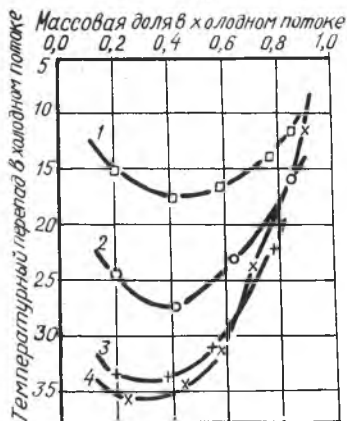
2. Рассчитывают режим работы и температуры "холодного" и "горячего" потоков.

$$\Delta T_x \max = \eta \Delta T_s \quad (2)$$

будет наблюдаться при

$$D_g \text{ опт} = (0,42 \dots 0,45) D_T \quad (3)$$

$$\mu_{\text{опт}} = \left(\frac{D_g \text{ опт}}{D_T} \right)^2 \frac{90}{\beta} \quad (4)$$



Р и с. I. Графики зависимости $\Delta T_x = f(\mu)$ для БТ с $D_T = 25,0 \times 2,5$ мм² с ВЗУ при изменении в нем угла β : $I=4$ соответствуют $\beta = 30^\circ \text{C}; 45^\circ \text{C}; 60^\circ \text{C}; 75^\circ \text{C}$; $\rho_1 = 0,6$ МПа, $\pi = 3, T_1 = 303$ К

При $\mu < \mu_{opt}$

$$\Delta T_{x, \mu} = \Delta T_{x, max} - (\Delta T_{x, max} - \Delta T_B)(1 - \mu/\mu_{opt})^3, \quad (5)$$

при $\mu > \mu_{opt}$

$$\Delta T_{x, \mu} = (1 - \mu)\Delta T_S - (\Delta T_S - \Delta T_H)\left(\frac{1 - \mu}{1 - \mu_{opt}}\right)^{2,5}. \quad (6)$$

Выражения

$$\Delta T_H = \Delta T_{x, max} + \mu_{opt} \Delta T_S, \quad (7)$$

$$\Delta T_B = \Delta T_{x, max} - \mu_{opt} \Delta T_S \quad (8)$$

представляют собой перепад температуры в граничных слоях холодного потока, вытекающего из диафрагмы [2].

В тех случаях, когда $D_g > D_{g, opt}$, используют выражение

$$\Delta T_{H, g} = \Delta T_H + (\Delta T_S - \Delta T_H) \frac{D_g - D_{g, opt}}{D_T - D_{g, opt}} \quad (9)$$

или, когда $D_g < D_{g, opt}$, то выражение

$$\Delta T_{H, g} = \Delta T_H \left(1 - \frac{D_{g, opt} - D_g}{D_T - D_{g, opt}}\right). \quad (10)$$

Подсчитав по (5) или (6) ΔT_x , а из теплового баланса ΔT_r , определяют T_x и T_r .

В выражениях (2), (6 - 9) ΔT_S - перепад температуры при изэнтропном расширении.

Для расчета \bar{F}_c и η в зависимости от β можно использовать следующие эмпирические выражения:

$$\eta_\beta = -0,000137\beta^2 + 0,0191\beta - 0,233, \quad (11)$$

$$\bar{F}_{c, opt, \beta} = 0,4787 \cdot 1,012^\beta. \quad (12)$$

3. Для подсчета коэффициента теплоотдачи со стороны горячего потока ($0,2 \leq \mu \leq 0,8$) рекомендуется известное критериальное уравнение с введенным в него коэффициентом n_β :

$$Nu = 0,023 n_\beta Re^{0,8} Pr^{0,4}, \quad (13)$$

где

$$n_\beta = (2,97 \cdot 10^5 \bar{p}^{3,29} + 1,03) \left[1,17 - 1,05 \frac{\beta}{75} + 0,88 \left(\frac{\beta}{75} \right)^2 \right]. \quad (14)$$

Скорость для Re принимается как среднерасходная:

$$W_{cp} = \frac{V}{F_T} \quad (15)$$

Данная методика используется при расчетах промышленных вихревых многотрубных аппаратов.

Л и т е р а т у р а

1. М у х у т д и н о в Р.Х. Создание и промышленное освоение многотрубных вихревых аппаратов. - В сб.: Исследование вихревого эффекта и его применение в технике. - Куйбышев: КуАИ, 1981.
2. М у х у т д и н о в Р.Х. Еще раз о сущности вихревого эффекта. - В сб.: Исследование вихревого эффекта и его применение в технике. - Куйбышев: КуАИ, 1981.

УДК 536.244+532.501.312

Р.Э.Алимов, Р.Ш.Ахметзянов

ОБ ОБРАТНОМ ЭФФЕКТЕ РАНКА

Известны многочисленные явления, связанные с поступательно-вращательным или так называемым вихревым движением значительных масс воздуха в атмосфере (ураганы, циклоны, антициклоны) и воды в океанах и морях (смерчи, воронки и т.п.). Такие явления пока изучены весьма слабо, и причины их возникновения недостаточно ясны. Здесь, по всей вероятности, решающая роль принадлежит факторам преимущественно термодинамического и гидродинамического характера, в числе которых - возможность реализации обратного эффекта Ранка, заключающегося в возникновении или интенсификации вращательного движения газа под воздействием значительного отрицательного радиального градиента температуры. Высказанное предположение основывается на следующих предпосылках.

Во вращающемся в трубе кольцевом потоке под воздействием центробежных сил происходит потеря устойчивости течения с образованием так называемых вихрей Тейлора-Гертлера, схематично пред-