

Тепловой расчет Водо-водяного подогревателя типа «труба в трубе»

Определить площадь поверхности и число секций водоводяного теплообменника типа «труба в трубе». Гретьящая вода движется по внутренней стальной трубе ($\lambda_c=45\text{Вт/м К}$) диаметром $d_2/d_1=35/32$ мм и имеет температуру на входе t_1 . Расход гретьящей воды $G_1=0.6$ кг/с. Нагретьяемая вода движется противотоком по кольцевому каналу между трубами и нагретьяется от t_2' до t_2'' . Внутренний диаметр внешней трубы $D=48$ мм. Расход нагретьяемой воды $G_2=0.95$ кг/с. Длина одной секции теплообменника 2 м.

Потерями теплоты через внешнюю поверхность теплообменника пренебречь.

Выполнить в масштабе схематичный чертеж теплообменника

Варианты расчета

обознач	Первая цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$	130	100	95	90	100	85	70	75	120	125

обознач	Вторая цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
$t''_2, \text{ }^\circ\text{C}$	60	50	55	45	40	46	48	52	54	
$t_2, \text{ }^\circ\text{C}$	5	20	18	12	10	5	7	13	11	

Методика расчета

Уравнение теплового баланса

$$Q = Q_2 = G_2 C_{p2} (t_2'' - t_2') = G_1 C_{p1} (t_1' - t_1'') = Q_3$$

$$t_1'' = t_1' - \frac{Q}{G_1 C_{p1}}$$

$$\bar{t}_1 = 0.5(t_1' + t_1'') \quad \bar{t}_2 = 0.5(t_2' + t_2'')$$

Теплофизические параметры воды ρ, λ, ν, Pr (табл.) при \bar{t}_1 и \bar{t}_2

А также Pr_c при задаваемой $t_{cm} = t_{cm1} = t_{cm2} = 0.5(t_1 + t_2)$

Уравнение массового расхода $G = \rho \omega f$

$$\omega_1 = \frac{G_1}{\rho_1 \pi d_1^2 / 4} \quad \omega_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \pi (D_2 - d_2^2) / 4}$$

Расчет коэффициентов теплоотдачи

$$Nu = C Re^n Pr^m (Pr / Pr_{cm})^{0.25}; \quad Re = \frac{\omega d}{\nu}; \quad Nu = \frac{\alpha d}{\lambda};$$

$$Re_1 = \frac{\omega_1 d_1}{\nu_1}; \quad Re_2 = \frac{\omega_2 d_3}{\nu_2}; \quad d_3 = D - d_2$$

$$Nu_1 = 0.021 Re_1^{0.8} Pr_1^{0.43} (Pr_1 / Pr_{cm1})^{0.25}, \quad \alpha_1 = Nu_1 \lambda_1 / d_1$$

$$Nu_2 = 0.021 Re_2^{0.8} Pr_2^{0.43} (Pr_2 / Pr_{cm2})^{0.25}, \quad \alpha_2 = Nu_2 \lambda_2 / d_3$$

Уравнение теплопередачи $Q = FK\Delta t; Q = LK_i\Delta t$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln(\Delta t_6 / \Delta t_m)}, \text{ если } \Delta t_6 / \Delta t_m > 1.8$$

$$\Delta t = \bar{t}_1 - \bar{t}_2, \text{ если } \Delta t_6 / \Delta t_m < 1.8$$

$$t_6 / \Delta t_m = \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}$$

$$K = \frac{1}{1 / \alpha_1 + \delta / \lambda + 1 / \alpha_2}$$

Для плоской стенки ($d_2/d_1 < 1.8$):

$$F = \frac{Q}{K\Delta t}, \text{ число секций} \quad n = \frac{F}{\pi d l} l = 2m$$

Для цилиндрической

$$(d_2/d_1 > 1.8): \quad K_i = \frac{l}{l / \pi d_1 \alpha_1 + \ln(d_2 / d_1) / 2\pi \lambda + l / \pi d_2 \alpha_2}$$

$$L = \frac{Q}{K_i \Delta t}, \quad F = \pi d_1 L \quad n = \frac{L}{l}$$

Проверка расчета (уточнение t_{ct})

$$t_{cm1} \approx \bar{t}_1 - q / \alpha_1 \quad t_{cm2} \approx \bar{t}_2 + q / \alpha_2 \quad q = Q / F$$

Найти по (табл.) Pr_{ct} при t_{ct} если $(Pr / Pr_{cm} \sim)^{0.25}$ и $(Pr / Pr_{cm})^{0.25}$ имеют различие $< 5\%$ то расчет произведен корректно

