

3. ТЕПЛОВОЙ КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЁТ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПАРОВОДОЯНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ

Задание. Произвести конструктивный тепловой расчёт четырёхходового вертикального пароводяного подогревателя при следующих заданных условиях: производительность аппарата $Q = 20 \cdot 10^6$, МВт; параметры греющего пара: давление $P = 0,25$, энтальпия $h = 2733,13$, температура насыщенного пара $t_H = 127,43^\circ\text{C}$; энтальпия конденсата на выходе из теплообменника. Температура нагреваемой воды при входе в подогреватель $t'_2 = 65^\circ\text{C}$, при выходе $t''_2 = 117^\circ\text{C}$. Поверхность нагрева выполнена из латунных трубок диаметром $d_B/d_H = 21/25$ мм. Вода проходит по трубам, а пар поступает в межтрубное пространство. Высота трубок в одном ходе $H = 4$ м. Толщина накипи $\delta_H = 0,0002$ м, $\lambda_H = 2$ Вт/(м · К).

Расчёт

Определяем расход пара:

$$D = \frac{Q}{(h - h_H)} = \frac{20 \cdot 10^6}{(2733,13 - 535,4) \cdot 10^3} = 9,1 \text{ кг/с. (42)}$$

И объёмный расход воды:

$$V = \frac{Q}{c_p \cdot (t''_2 - t'_2) \cdot \rho} = \frac{20 \cdot 10^6}{4,233 \cdot 10^3 \cdot (117 - 65) \cdot 1000} = 0,091 \text{ м}^3/\text{с. (43)}$$

Средняя логарифмическая разность температур теплоносителей в подогревателе:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} = \frac{(127,43 - 65) - (135 - 117)}{\ln \frac{(127,43 - 65)}{(135 - 117)}} = 35,72^\circ\text{C, (44)}$$

где $\Delta t_{max} = t_H - t'_2$, $\Delta t_{min} = t - t''_2$.

Далее применяем методику упрощённого графоаналитического метода расчёта удельного теплового потока. Для этого предварительно для различных участков процесса теплопередачи находим тепловязисимость между удельным тепловым напряжением и перепадом температур на данном участке:

А) рассмотрим процесс теплоотдачи от пара стенке. Коэффициент теплоотдачи пара определяется по формуле Нуссельта:

$$\alpha_{II} = 1,334 \cdot \frac{B}{H^{0,25} \cdot \Delta t^{0,25}} = 1,334 \cdot \frac{11374,62}{4^{0,25} \cdot 17,86^{0,25}} = 3912,47, \text{ (45)}$$

где $B = 5700 + 56 \cdot t_H - 0,09 \cdot t_H^2 = 5700 + 56 \cdot 127,43 - 0,09 \cdot 127,43^2 = 11374,62$,

$\Delta t = t_H - t_{CT} = 127,43 - 109,57 = 17,86^\circ\text{C}$,

$t_{CT} = 0,5 \cdot ((t_H - \Delta t_{CP}) + t_H) = 0,5 \cdot ((127,43 - 35,72) + 127,43) = 109,57^\circ\text{C}$.

Обозначим $\alpha_1 = \alpha_{II}$. Имеем тепловязисимость вида $q_1 = \alpha_1 \cdot \Delta t_1$. Задаваясь рядом значений Δt_1 , вычисляем соответствующие им величины q_1 . Строим (на миллиметровке) зависимость $\Delta t_1 = f(q_1)$.

$$\Delta t_1 = \frac{q_1}{\alpha_1} = \frac{5000}{3912,47} = 1,28^\circ\text{C}.$$

					КР 1 51 02 02. 21.21.00		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Курбанов И.				Тепловой конструктивный расчёт вертикального пароводяного подогревателя	Лит.	Лист
Провер.	Никулина Т.Н.						Листов
Н. Контр.						ГГТУ им. П.О. Сухого Гр. НР-21	
Утв.							

Б) рассмотрим процесс теплопроводности через стенку. Температурная зависимость имеет следующий вид:

$$q_2 = \frac{\lambda_{\text{СТ}}}{\delta_{\text{СТ}}} \cdot \Delta t_2 = \frac{45}{0,002} \cdot \Delta t_2 = 22500 \cdot \Delta t_2. \quad (46)$$

Откуда:

$$\Delta t_2 = \frac{q_2}{22500} = \frac{5000}{22500} = 0,2^\circ\text{C}.$$

В) рассмотрим процесс теплопроводности через слой накипи. Температурная зависимость имеет следующий вид:

$$q_3 = \frac{\lambda_{\text{Н}}}{\delta_{\text{Н}}} \cdot \Delta t_3 = \frac{2}{0,0002} \cdot \Delta t_3 = 10000 \cdot \Delta t_3; \quad (47)$$

$$\Delta t_3 = \frac{5000}{10000} = 0,5^\circ\text{C}.$$

Г) теплоотдача от стенки воде.

Скорость воды в пароводяных подогревателях обычно составляет 1-3 м/с, движение воды – турбулентное, поэтому задавшись предварительно скоростью воды, пользуемся упрощённой формулой:

$$\alpha_4 = \alpha_{\text{В}} = A_5 \cdot \frac{\omega_T^{0,8}}{d_{\text{В}}^{0,2}} = 3025 \cdot \frac{1^{0,8}}{0,021^{0,2}} = 6551. \quad (48)$$

Имеем температурную зависимость вида:

$$q_4 = \alpha_4 \cdot \Delta t_4 = 6551 \cdot \Delta t_4;$$

$$\Delta t_4 = \frac{5000}{6551} = 0,76^\circ\text{C}.$$

Складывая ординаты четырёх зависимостей, строим суммарную температурную зависимость:

$$\sum \Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 = 1,28 + 0,2 + 0,5 + 0,76 = 2,74^\circ\text{C}.$$

Рассчитываем коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{q}{\Delta t_{\text{CP}}} = \frac{5000}{2,74} = 1825. \quad (49)$$

Площадь поверхности нагрева теплообменника:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{CP}}} = \frac{20 \cdot 10^6}{1825 \cdot 35,72} = 306,8 \text{ м}^2. \quad (50)$$

По расчётной площади поверхности нагрева и диаметру трубок по каталогу выбираем вертикальный пароводяной подогреватель и выписываем его технические характеристики: площадь поверхности нагрева $F = 310 \text{ м}^2$, число труб $n = 986$.

Уточняем скорость течения воды в трубках выбранного подогревателя:

$$\omega = \frac{4 \cdot V \cdot z}{n \cdot \pi \cdot d_{\text{В}}^2} = \frac{4 \cdot 0,091 \cdot 4}{986 \cdot 3,14 \cdot 0,021^2} = 1,07 \text{ м/с}. \quad (51)$$

Уточняем коэффициент теплоотдачи при движении воды в трубках:

$$\alpha_{\text{П}} = 1,334 \cdot \frac{B}{H^{0,25} \cdot \Delta t^{0,25}} = 1,334 \cdot \frac{11374,62}{4^{0,25} \cdot 1,28^{0,25}} = 10087 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Уточняем коэффициент теплоотдачи пара:

$$\alpha_{\text{В}} = 3025 \cdot \frac{1,07^{0,8}}{0,021^{0,2}} = 6915 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Уточняем коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{П}}} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{СТ}}} + \frac{\delta_{\text{Н}}}{\lambda_{\text{Н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{В}}}} = \frac{1}{\frac{1}{10087} + \frac{0,002}{45} + \frac{0,0002}{2} + \frac{1}{6915}} = 2576. \quad (52)$$

					КР 1 51 02 02. 21.21.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Необходимая площадь поверхности нагрева не должна превышать действительной площади поверхности нагрева выбранного подогревателя.

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{CP}}} = \frac{20 \cdot 10^6}{2576 \cdot 35,72} = 217,357 \text{ м}^2.$$

					<i>КР 1 51 02 02. 21.21.00</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		