

3 ТЕПЛОВОЙ КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЁТ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПАРОВОДЯНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ

Задание. Произвести конструктивный тепловой расчёт четырёхходового вертикального пароводяного подогревателя при следующих заданных условиях: производительность аппарата $Q = 22 \cdot 10^6$, Вт; параметры греющего пара: давление $P = 0,35$, энтальпия $h = 2768,1$, температура насыщенного пара $t_H = 138,88^\circ\text{C}$; энтальпия конденсата на выходе из теплообменника. Температура нагреваемой воды при входе в подогреватель $t'_2 = 75^\circ\text{C}$, при выходе $t''_2 = 130^\circ\text{C}$. 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:

$$D = \frac{Q}{(h - h_H)} = \frac{22 \cdot 10^6}{(2768,1 - 584,5)} = 10,1 \text{ кг/с.} \quad (42)$$

И объёмный расход воды:

$$V = \frac{Q}{c_p \cdot (t''_2 - t'_2) \cdot \rho} = \frac{22 \cdot 10^6}{4,223 \cdot 10^3 \cdot (130 - 75) \cdot 1000} = 0,095 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (43)$$

Средняя логарифмическая разность температур теплоносителей в подогревателе:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} = \frac{(138,88 - 75) - (155 - 130)}{\ln \frac{(138,88 - 75)}{(155 - 130)}} = 41,4^\circ\text{C}, \quad (44)$$

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 тепловозависимость между удельным тепловым напряжением и перепадом температур на данном участке:

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

$$\alpha_{\Pi} = 1,334 \cdot \frac{B}{H^{0,25} \cdot \Delta t^{0,25}} = 1,334 \cdot \frac{11741,39}{4^{0,25} \cdot 20,7^{0,25}} = 5191, \quad (45)$$

где $B = 5700 + 56 \cdot t_H - 0,09 \cdot t_H^2 = 5700 + 56 \cdot 138,88 - 0,09 \cdot 138,88^2 = 11741,39$,

$\Delta t = t_H - t_{CT} = 138,88 - 118,2 = 20,7^\circ\text{C}$,

$t_{CT} = 0,5 \cdot ((t_H - \Delta t_{CP}) + t_H) = 0,5 \cdot ((138,88 - 41,4) + 138,88) = 118,2^\circ\text{C}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.								
Провер.								
Н. Контр.								
Утв.								

Б) рассмотрим процесс теплопроводности через стенку. Теплозависимость 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. Теплозависимость 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:

$$\alpha_4 = \alpha_{\text{В}} = A_5 \cdot \frac{\omega_T^{0,8}}{d_B^{0,2}} = 3050 \cdot \frac{1,5^{0,8}}{0,021^{0,2}} = 9135. \quad (48)$$

Имеем теплозависимость вида:

$$q_4 = \alpha_4 \cdot \Delta t_4 = 9135 \cdot \Delta t_4;$$

$$\Delta t_4 = \frac{5000}{9135} = 0,55^\circ\text{C}.$$

Складывая ординаты четырёх зависимостей, строим суммарную теплозависимость:

$$\sum \Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4 = 0,96 + 0,2 + 0,5 + 0,55 = 2,2^\circ\text{C}.$$

Рассчитываем коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{q}{\Delta t_{\text{CP}}} = \frac{5000}{2,2} = 2239 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (49)$$

Площадь поверхности нагрева теплообменника:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{CP}}} = \frac{22 \cdot 10^6}{2239 \cdot 41,4} = 237 \text{ м}^2. \quad (50)$$

По расчётной площади поверхности нагрева и диаметру трубок по каталогу выбираем вертикальный пароводяной подогреватель и выписываем его технические характеристики: площадь поверхности нагрева $F = 285 \text{ м}^2$, число труб $n = 404$.

Уточняем скорость течения воды в трубках выбранного подогревателя:

$$\omega = \frac{4 \cdot V \cdot z}{n \cdot \pi \cdot d_B^2} = \frac{4 \cdot 0,095 \cdot 4}{404 \cdot 3,14 \cdot 0,021^2} = 2,7 \text{ м/с}. \quad (51)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Уточняем коэффициент теплоотдачи при движении воды в трубках:

$$\alpha_{\text{П}} = 1,334 \cdot \frac{B}{H^{0,25} \cdot \Delta t^{0,25}} = 1,334 \cdot \frac{11741,39}{4^{0,25} \cdot 0,96^{0,25}} = 11182 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Уточняем коэффициент теплоотдачи пара:

$$\alpha_{\text{В}} = 3050 \cdot \frac{2,7^{0,8}}{0,021^{0,2}} = 14660 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Уточняем коэффициент теплопередачи:

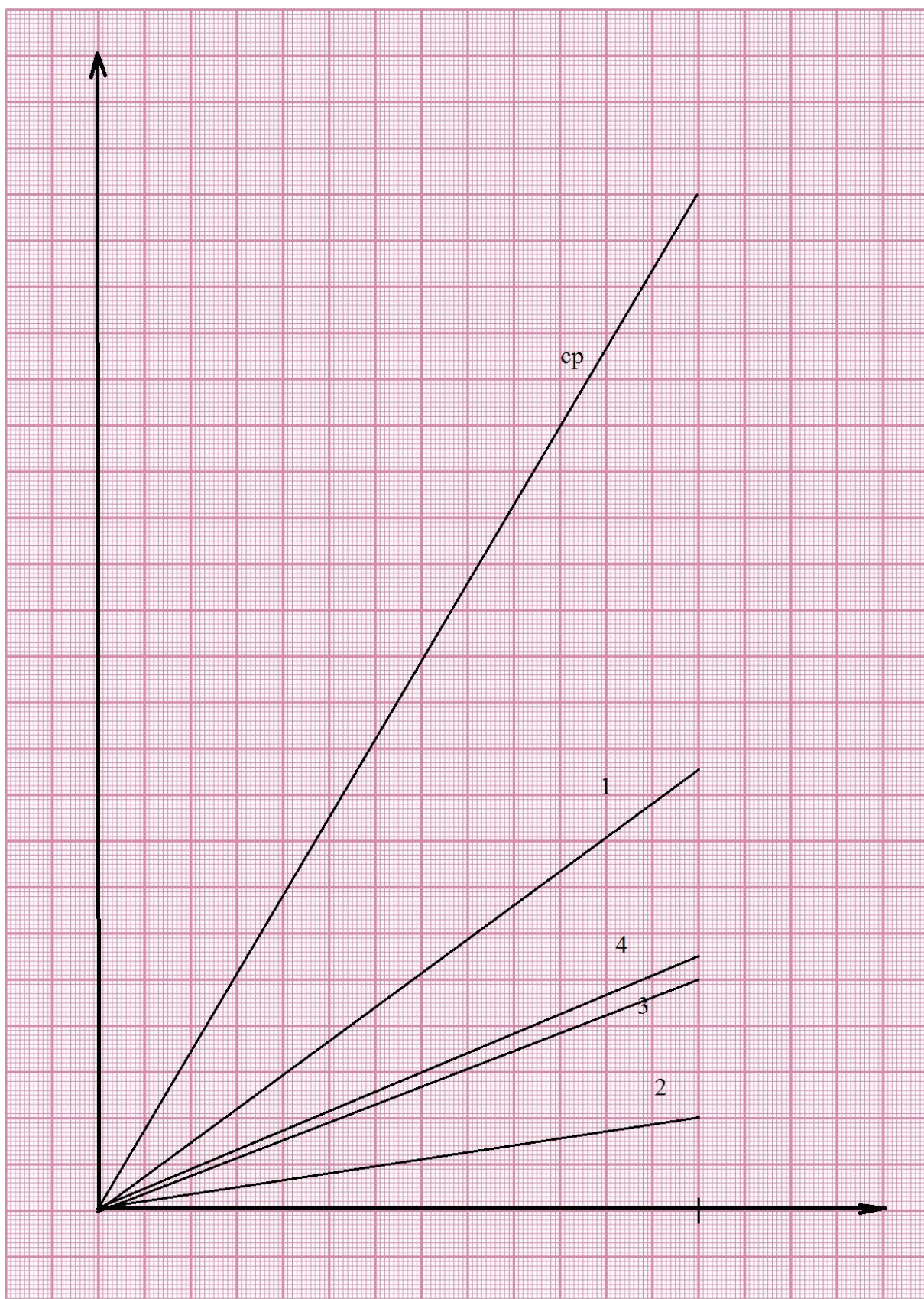
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{П}}} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{СТ}}} + \frac{\delta_{\text{Н}}}{\lambda_{\text{Н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{В}}}} = \frac{1}{\frac{1}{11182} + \frac{0,002}{45} + \frac{0,0002}{2} + \frac{1}{14660}} = 3310 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (52)$$

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

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{CP}}} = \frac{22 \cdot 10^6}{3310 \cdot 41,4} = 160,4 \text{ м}^2.$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЕ



						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		