

Дано:

№4

$x := 20 \quad \%$ -концентрация раствора NaOH

$G := 20 \quad \frac{\text{т}}{\text{час}}$ -производительность по раствору

$t_n := 12 \quad \text{C}$ - тем-ра раствора на входе

$P := 1 \quad \text{ата}$ - давление в трубном пространстве

Решение:

Определение поверхности теплообмена и основных размеров теплообменника

Находим температуру кипения раствора- тем-ра раствора на выходе [1,табл.XXXVI]:

$t_k := 108 \quad \text{C}$

Средняя температура раствора:

$$t_{cp} := \frac{t_n + t_k}{2} \quad t_{cp} = 60 \quad \text{C}$$

Теплоемкость раствора при средней температуре:

$$C_2 := 4.2 \cdot \left(1 - \frac{x}{100}\right) = 3.36 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

Задаем давление греющего пара:

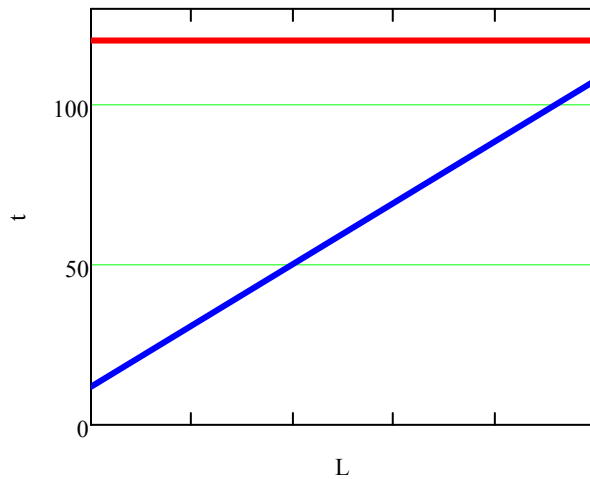
$P_1 := 0.2 \quad \text{МПа}$

По [1,табл.XXXIX] находим температуру греющего пара:

$t_s := 120.2 \quad \text{C}$

Средний температурный напор для противотока :





Средний температурный напор для противотока :

$$\Delta t_{\bar{\theta}} := t_s - t_n = 108.2 \quad \text{C}$$

$$\Delta t_M := t_s - t_k = 12.2 \quad \text{C}$$

$$\Delta t := \frac{(\Delta t_{\bar{\theta}} - \Delta t_M)}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\bar{\theta}}}{\Delta t_M}\right)} = 43.985 \quad \text{C}$$

Тепловая нагрузка аппарата

$$Q := \frac{G}{3.6} \cdot C_2 \cdot (t_k - t_n) \qquad Q = 1792 \quad \text{кВт}$$

По [1,табл.4.8] предварительно задаем коэффициент теплопередачи:

$$K_{\min} := 800 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$K_{\max} := 3500 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Требуемая площадь теплообмена:

$$F_{\max} := \frac{Q \cdot 10^3}{K_{\min} \cdot \Delta t} = 50.9 \quad \text{м}^2$$

$$F_{\min} := \frac{Q \cdot 10^3}{K_{\max} \cdot \Delta t} = 11.6 \quad \text{м}^2$$

Предварительно принимаем число Рейнольдса:

$$Re := 12000$$

По средней температуре по [1, табл. IV] находим плотность раствора:

$$\rho_2 := 1196 \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Коэф-т динамической вязкости [1, табл. IX]:

$$\mu_2 := 4.48 \quad \text{сП}$$

Наружный диаметр труб теплообменника:

$$d_H := 25 \quad \text{мм}$$

Толщина стенки труб:

$$\delta := 2 \quad \text{мм}$$

Внутренний диаметр труб:

$$d_B := d_H - 2 \cdot \delta \quad d_B = 21 \quad \text{мм}$$

Требуемая скорость жидкости в трубе:

$$\omega := \frac{Re \cdot \mu_2 \cdot 10^{-3}}{d_B \cdot 10^{-3} \cdot \rho_2} = 2.14 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Объемный расход жидкости:

$$V_2 := \frac{G}{3.6 \cdot \rho_2} = 0.00465 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Требуемое сечение труб для прохода жидкости:

$$F_{\text{тр}} := \frac{V_2}{\omega} = 0.00217 \quad \text{м}^2$$

Требуемое число труб в одном ходу:

$$n_{\text{тр}} := \frac{F_{\text{тр}} \cdot 4}{\pi \cdot (d_{\text{в}} \cdot 10^{-3})^2} = 6.3$$

По [1,табл.4.12] выбираем шестиходовой теплообменник с параметрами:

Диаметр кожуха:

$$D_k := 600 \text{ мм}$$

Число труб:

$$n := 196$$

Число ходов:

$$n_x := 6$$

Длина труб:

$$L := 4 \text{ м}$$

Проверочный расчет выбранного аппарата:

По средней температуре находим физические свойства раствора:

Коэффициент теплопроводности [1,табл. XXIX]:

$$\lambda_2 := 0.47 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Число Прандтля жидкости:

$$Pr_2 := \frac{C_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} \quad Pr_2 = 32$$

Объемный расход:

$$V_2 := \frac{G}{3.6 \cdot \rho_2} = 0.0046 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Скорость движения раствора по трубам:

$$w_2 := \frac{4 \cdot V_2 \cdot n_x}{n \cdot \pi \cdot (d_{\text{в}} \cdot 10^{-3})^2} \quad w_2 = 0.411 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости

Число Рейнольдса:

$$Re_2 := w_2 \cdot \frac{d_B \cdot 10^{-3} \cdot \rho_2}{\mu_2 \cdot 10^{-3}} \quad Re_2 = 2301.6$$

Т.к $2300 < Re$, значит режим течения турбулентный

Число Нуссельта турбулентного режима:

$$Nu_2 := 0.023 \cdot Re_2^{0.8} \cdot Pr_2^{0.43} \quad Nu_2 = 50$$

Определяем коэф-т теплоотдачи от жидкости к трубе:

$$\alpha_2 := \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_B \cdot 10^{-3}} \quad \alpha_2 = 1118.4 \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Определение коэффициента теплоотдачи от пара к стенке

По давлению по [1,табл.XXXIX] находим параметры конденсата:

Плотность:

$$\rho_1 := 943 \quad \frac{кг}{м^3}$$

Коэф-т кинематической вязкости :

$$\nu_1 := 0.186 \cdot 10^{-6} \quad \frac{м^2}{с}$$

Коэф-т динамической вязкости :

$$\mu_1 := \nu_1 \cdot \rho_1 \quad \mu_1 = 1.754 \times 10^{-4} \quad Па \cdot с$$

Коэффициент теплопроводности :

$$\lambda_1 := 0.684 \quad \frac{Вт}{м \cdot К}$$

Удельная теплота конденсата :

$$r := 2202.2 \quad \frac{кДж}{кг}$$

Расчетная температура стенки :

$$t_c := \frac{2 \cdot t_s + t_n + t_k}{4} \quad t_c = 90.1 \quad С$$

Разность температур пара и стенки :

$$\Delta t_1 := t_s - t_c \quad \Delta t_1 = 30.1 \quad С$$

Коэф-т зависящий от числа труб в вертикальном ряду [1,рис.4.7] :

$$\varepsilon := 0.67$$

Для горизонтально расположенного теплообменника среднее значение коэф-та теплоотдачи рассчитываем по формуле:

$$\alpha_1 := 1.28 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda_1^3 \cdot \rho_1^2 \cdot r \cdot 10^3}{d_H \cdot 10^{-3} \cdot \mu_1 \cdot \Delta t_1}} \quad \alpha_1 = 7118.9 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Определение коэф-та теплопередачи

Принимаем толщину слоя загрязнений:

$$\delta_3 := 0.5 \text{ мм}$$

Коэффициент теплопроводности слоя загрязнений [1,табл.XXXI]:

$$\lambda_3 := 2.2 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Коэффициент теплопроводности стали [1,табл.XXVIII]:

$$\lambda := 46.5 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Термическое сопротивление загрязненной стенки:

$$r_{\text{ст}} := \frac{\delta \cdot 10^{-3}}{\lambda} + \frac{\delta_3 \cdot 10^{-3}}{\lambda_3} \quad r_{\text{ст}} = 2.703 \times 10^{-4} \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коэффициент теплопередачи:

$$K := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + r_{\text{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad K = 766.4 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Требуемая площадь теплообмена:

$$F := \frac{Q \cdot 10^3}{K \cdot \Delta t} \quad F = 53.161 \text{ м}^2$$

Необходимая длина трубок:

$$L := \frac{F}{n \cdot \pi \cdot d_H \cdot 10^{-3}} \quad L = 3.453 \text{ м}$$

Принимаем длину труб теплообменника:

$$L := 4 \text{ м}$$

Площадь поверхности аппарата:

$$F_p := \pi \cdot d_n \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot L$$

$$F_p = 61.58 \quad \text{м}^2$$

Запас поверхности теплообмена:

$$\delta := \frac{F_p - F}{F_p} \cdot 100 \quad \%$$

$$\delta = 13.664 \quad \%$$

Используемая литература:

1) Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии.-Л.: Химия, 1987.