

Расчет конденсатора

Температура воды на входе: $t_{B1} = 20$

Температура воды на выходе: $t_{B2} = 45$

Массовый расход воды через конденсатор: $G_{m_к} = 88.889 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$

Температура конденсации холодильного агента в конденсаторе: $t_{к} = 48$

Среднегеометрический температурный напор:

$$\Delta t_{\text{ср_к}} := \frac{(t_{B2} - t_{B1})}{2.3 \ln \left(\frac{t_{к} - t_{B1}}{t_{к} - t_{B2}} \right)} = 4.866$$

$t_{B2} = 45$
 $t_{B1} = 20$

Принимаем основные размеры, характеризующие теплопередающую поверхность конденсатора:

Внутренний диаметр: $d_{\text{вн}} := 18 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Наружный диаметр: $d_0 := 22 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Средняя температура воды: $t_{\text{в.ср_к}} := t_{к} - \Delta t_{\text{ср_к}} = 43.134$

Критериальные уравнения для воды:

Кинематическая вязкость

$$\nu_{\text{в_к}} := \left[1.717 - 0.03377 t_{\text{в.ср_к}} + 0.000200938 t_{\text{в.ср_к}}^2 + \frac{0.00018055}{(t_{\text{в.ср_к}} + 273)} \right] \cdot 10^{-6} = 6.342 \times 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Коэффициент теплопроводности

$$\lambda_{\text{в_к}} := \left(55.179 + 0.2541 \cdot t_{\text{в.ср_к}} - 0.001237 \cdot t_{\text{в.ср_к}}^2 + \frac{0.000265}{t_{\text{в.ср_к}} + 273} \right) \cdot 10^{-2} = 0.638 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Критерий Прандтля

$$\text{Pr}_{\text{в_к}} := 13.0104 - 0.28047 \cdot t_{\text{в.ср_к}} + 0.001728 \cdot t_{\text{в.ср_к}}^2 + \frac{0.00018056}{t_{\text{в.ср_к}} + 273} = 4.128$$

Плотность

$$\rho_{\text{в_к}} := 1000.302 - 0.06479 \cdot t_{\text{в.ср_к}} - 0.003576 \cdot t_{\text{в.ср_к}}^2 + \frac{0.00018059}{(t_{\text{в.ср_к}} + 273)} = 990.854$$

Скорость НПТ в трубах $v_{\text{в1}} := 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Число труб в одном ходе, округленное до целого числа

$$n_1 := \text{ceil}\left(\frac{4 \cdot G_{m_к}}{\pi \cdot d_{вн}^2 \cdot v_{в1} \cdot \rho_{в_к}}\right) = 177$$

Уточненная скорость воды:

$$v_{в2} := \frac{4 \cdot G_{m_к}}{\pi \cdot d_{вн}^2 \cdot n_1 \cdot \rho_{в_к}} = 1.992$$

Число Рейнольдса

$$Re_{в_к} := \frac{v_{в2} \cdot d_{вн}}{\nu_{в_к}} = 5.653 \times 10^4$$

Критерий Нуссельта

$$Nu_{к} := 0.021 \cdot (Re_{в_к})^{0.8} \cdot Pr_{в_к}^{0.43} = 244.782$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны воды

$$\alpha_{2_к} := Nu_{к} \cdot \frac{\lambda_{в_к}}{d_{вн}} = 8.681 \times 10^3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Свойства фреона при $t_{к}$: $t_{к} = 48$

теплота парообразования $r_{\phi} := (422.69 - 268.53) \cdot 10^3 = 1.542 \times 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

плотность жидкости $\rho_{\phi} := 1111.5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

коэффициент теплопроводности жидкости $\lambda_{\phi} := 71.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

коэффициент динамической вязкости жидкости $\mu_{\phi} := 147 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$

Коэффициент теплоотдачи со стороны рабочего тела, отнесенный к внутренней поверхности оребренной трубы:

Число рядов труб по вертикали $n_{\text{ряд}} := 20$

Для гладких труб ψ_p $\psi_p := 1$

Плотность теплового потока в аппарате в зависимости от температуры стенки

Принятое термическое сопротивление стенки и загрязнений $R_{ст} := 0.5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$

$$t_{ст_к} := \left(0.725 \cdot \sqrt[4]{\frac{r_{\phi} \cdot \rho_{\phi}^2 \cdot \lambda_{\phi}^3 \cdot 9.81}{\mu_{\phi} \cdot d_0}} \right) \cdot n_{\text{ряд}}^{\frac{-1}{6}} \cdot \psi_p \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_0}{\pi \cdot d_{вн}} \right) \cdot (t_{к} - t_{ст_к})^{\frac{-1}{4}} \cdot (t_{к} - t_{ст_к})^{\frac{3}{4}} - \frac{(t_{ст_к} - t_{в.ср_к})}{\left(\frac{1}{\alpha_{2_к}} \right) + R_{ст}} \text{ solve, } t_{ст_к} \rightarrow 45.2288$$

$t_{ст_к} = 45.229$

$$\alpha_{1_к} := \left(0.725 \cdot \sqrt[4]{\frac{r_{\phi} \cdot \rho_{\phi}^2 \cdot \lambda_{\phi}^3 \cdot 9.81}{\mu_{\phi} \cdot d_0}} \right) \cdot n_{\text{ряд}}^{\frac{-1}{6}} \cdot \psi_p \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_0}{\pi \cdot d_{\text{вн}}} \right) \cdot (t_k - t_{\text{ст_к}})^{\frac{-1}{4}} = 1.586 \times 10^3$$

$$\alpha_{2_к} = 8.681 \times 10^3$$

$$q_{2_к} := \frac{(t_{\text{ст_к}} - t_{\text{в.ср_к}})}{\left(\frac{1}{\alpha_{2_к}} \right) + R_{\text{ст}}} = 3.406 \times 10^3 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

$$q_{1_к} := \left(0.725 \cdot \sqrt[4]{\frac{r_{\phi} \cdot \rho_{\phi}^2 \cdot \lambda_{\phi}^3 \cdot 9.81}{\mu_{\phi} \cdot d_0}} \right) \cdot n_{\text{ряд}}^{\frac{-1}{6}} \cdot \psi_p \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_0}{\pi \cdot d_{\text{вн}}} \right) \cdot (t_k - t_{\text{ст_к}})^{\frac{-1}{4}} \cdot (t_k - t_{\text{ст_к}})^{\frac{3}{4}} = 3.406 \times 10^3 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Теплоотдающая поверхность

$$F_{\text{ТП_к}} := \frac{Q_k \cdot 10^3}{q_{1_к}} = 1.943 \times 10^3 \quad \text{м}^2$$

Длина труб общая

$$L_{\text{общ}} := \frac{F_{\text{ТП_к}}}{\pi \cdot d_{\text{вн}}} = 3.436 \times 10^4 \quad \text{м}$$

Размеры аппарата при числе труб в одном ходе n_1 и четном числе ходов z $z_x := 10$

$$l_{\text{од.тр.}} := \frac{F_{\text{ТП_к}}}{\pi \cdot n_1 \cdot d_{\text{вн}} \cdot z_x} = 19.415$$