

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:

$$\Delta t_{\text{ср_к}} := \frac{(t_{B2} - t_{B1})}{\ln\left(\frac{t_{к} - t_{B1}}{t_{к} - t_{B2}}\right)} = 11.193$$

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

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: $t_{\text{в.ср_к}} := t_{к} - \Delta t_{\text{ср_к}} = 36.807$

Критериальные уравнения для воды:

Кинематическая вязкость

$$\nu_{\text{в_к}} := \left[1.717 - 0.03377 \cdot t_{\text{в.ср_к}} + 0.000200938 \cdot t_{\text{в.ср_к}}^2 + \frac{0.00018055}{(t_{\text{в.ср_к}} + 273)} \right] \cdot 10^{-6} = 7.462 \times 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Коэффициент теплопроводности

$$\lambda_{\text{в_к}} := \left(55.179 + 0.2541 \cdot t_{\text{в.ср_к}} - 0.001237 \cdot t_{\text{в.ср_к}}^2 + \frac{0.000265}{t_{\text{в.ср_к}} + 273} \right) \cdot 10^{-2} = 0.629 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Критерий Прандтля

$$\text{Pr}_{\text{в_к}} := 13.0104 - 0.28047 \cdot t_{\text{в.ср_к}} + 0.001728 \cdot t_{\text{в.ср_к}}^2 + \frac{0.00018056}{t_{\text{в.ср_к}} + 273} = 5.028$$

Плотность

$$\rho_{\text{в_к}} := 1000.302 - 0.06479 \cdot t_{\text{в.ср_к}} - 0.003576 \cdot t_{\text{в.ср_к}}^2 + \frac{0.00018059}{(t_{\text{в.ср_к}} + 273)} = 993.073$$

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

Число труб в одном ходе, округленное до целого числа

$$n_1 := \text{ceil}\left(\frac{4 \cdot G_{m_к}}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot v_{\text{в1}} \cdot \rho_{\text{в_к}}}\right) = 176$$

Уточненная скорость воды:

$$v_{B2} := \frac{4 \cdot G_{m_k}}{\pi \cdot d_{BH}^2 \cdot n_1 \cdot \rho_{B_k}} = 1.999$$

Число Рейнольдса

$$Re_{B_k} := \frac{v_{B2} \cdot d_{BH}}{\nu_{B_k}} = 4.821 \times 10^4$$

Критерий Нуссельта

$$Nu_k := 0.021 \cdot (Re_{B_k})^{0.8} \cdot Pr_{B_k}^{0.43} = 234.591$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны воды

$$\alpha_{2_k} := Nu_k \cdot \frac{\lambda_{B_k}}{d_{BH}} = 8.192 \times 10^3 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Свойства фреона при t_k : $t_k = 48$

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

$$S := 1.3 \cdot d_0 = 0.029$$

$$R_{CT} := 0.2 \cdot 10^3$$

$$C := 0.72$$

$$b := 72.98 + \left(\frac{48 - 45}{50 - 45} \right) \cdot (71.65 - 72.98) = 72.182$$

$$\psi_p := 1$$

$$8 \cdot \left[\frac{Q_k \cdot 10^3}{\left[\frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{2_k}} \right) + R_{CT}} \right] \cdot (t_{CT_k} - t_{B.cp_k})} \right] \cdot S \cdot D_{BH}^3 - 2.846 \cdot S \cdot \left[\frac{Q_k \cdot 10^3}{\left[\frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{2_k}} \right) + R_{CT}} \right] \cdot (t_{CT_k} - t_{B.cp_k})} \right] \cdot D_{BH}^4 - (1.1 \cdot S)^3 \cdot \left[\frac{Q_k \cdot 10^3}{\left[\frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{2_k}} \right) + R_{CT}} \right] \cdot (t_{CT_k} - t_{B.cp_k})} \right] \text{ simplify } \rightarrow - \frac{1.0 \cdot (5.3871684186098159657e28 \cdot D_{BH}^4 - 1.5143129778242630965e29 \cdot D_{BH}^3 + 2.0607996838588120958e2}{4.9999969482092778729e20 \cdot t_{CT_k} - 1.8403622573023730588e22}$$

$$\left[\frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{2_k}} \right) + R_{CT}} \right] \cdot (t_{CT_k} - t_{B.cp_k}) - C \cdot b \cdot \left(\frac{r_{\phi}}{d_0} \right)^{0.25} \cdot \psi_p \cdot \left(0.75 \cdot \frac{D_{BH}}{S} \right)^{-0.167} \cdot (t_k - t_{CT_k})^{0.75} \text{ simplify } \rightarrow 0.0049999969482092778729 \cdot t_{CT_k} - \frac{1549.6248043928492996 \cdot (48.0 - 1.0 \cdot t_{CT_k})^{\frac{3}{4}}}{\frac{167}{D_{BH} \cdot 1000}} - 0.18403622573023730588$$

$$\left[\begin{array}{l} \frac{1.0 \cdot (5.3871684186098159657e28 \cdot D_{\text{BH}}^4 - 1.5143129778242630965e29 \cdot D_{\text{BH}}^3 + 2.0607996838588120958e25)}{4.9999969482092778729e20 \cdot t_{\text{CT_K}} - 1.8403622573023730588e22} \\ 0.0049999969482092778729 \cdot t_{\text{CT_K}} - \frac{1549.6248043928492996 \cdot (48.0 - 1.0 \cdot t_{\text{CT_K}})^{\frac{3}{4}}}{\frac{167}{1000} D_{\text{BH}}} - 0.18403622573023730588 \end{array} \right]$$

solve, $D_{\text{BH}}, t_{\text{CT_K}} \rightarrow$

0.051756354526164960849	-9.3956884356850219476e20
0.051756354526164960849	7.860194537291739777e21
0.051756354526164960849	-7.8601945307629284538e21
0.051756354526164960849	-6.5756393446963076758e22
2.8109455313812755434	-1.3003785131236272737e16 - 7.5077107057959692505e15i
2.8109455313812755434	-4.6258746166758974972e21 - 435845.02920061349863i
2.8109455313812755434	-4.276609929876322864e10 + 1.5015502383146171647e16i
2.8109455313812755434	1.3003827897335715437e16 - 7.5077916769143573673e15i
-0.025869565581970427783 + 0.044273925271175065639i	1.1953254468073519009e17 + 1.4426971256456405404e17i
-0.025869565581970427783 - 0.044273925271175065639i	-1.1239273881677935966e22 - 6.6163267869704921394e22i
-0.025869565581970427783 - 0.044273925271175065639i	2.0937339861873291349e17 - 1.9641766542226789094e16i
-0.025869565581970427783 - 0.044273925271175065639i	-1.2169312514980238882e17 - 1.7150698959580913126e17i
-0.025869565581970427783 + 0.044273925271175065639i	-1.123927388167789526e22 + 6.616326786970497548e22i
-0.025869565581970427783 + 0.044273925271175065639i	6.5181470896375111137e16 - 1.7565116001374095192e17i
-0.025869565581970427783 + 0.044273925271175065639i	-1.84714015594913333e17 + 3.1381447421627368257e16i
-0.025869565581970427783 - 0.044273925271175065639i	-8.7680273446027575499e16 + 1.9114875611149925621e17i