

W płytowym przeciwprądowym wymienniku ciepła woda zimna jest ogrzewana ciepłą wodą odpadową. Wymiennik zbudowany jest z płyt typu *chevron*. Wymiennik jest jednoprzepływowy po stronach obydwu czynników. Obliczyć wymaganą liczbę płyt, jeżeli:

$$T'_1 := 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T''_1 := 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T'_2 := 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T''_2 := 57 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_1 := 35 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Grubość płyty  $t := 0.6 \cdot \text{mm}$

Głębokość wytłoczeń płyty  $p := 3.6 \cdot \text{mm}$  (mierzona od zewnętrznej powierzchni wytłoczeń)

Kąt wytłoczenia  $\beta := 45$

$$\lambda_w := 17.5 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

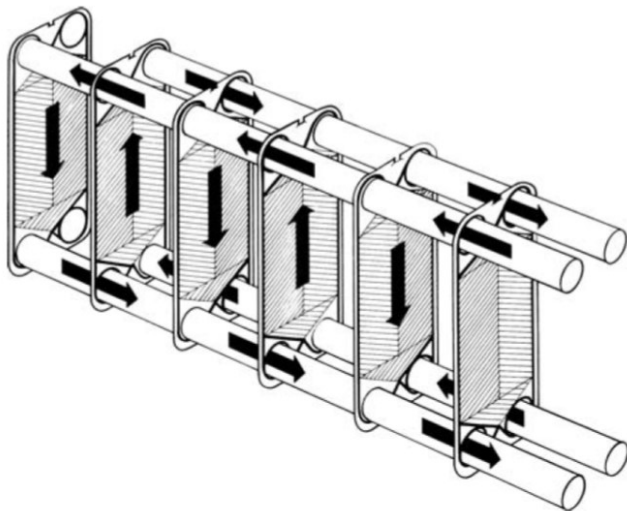
Współczynnik przyrostu powierzchni wymiany ciepła ze względu na wytłoczenia płyt

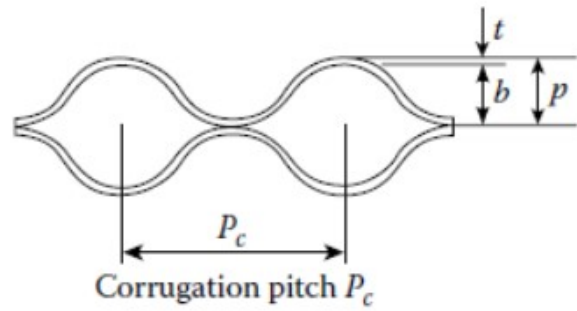
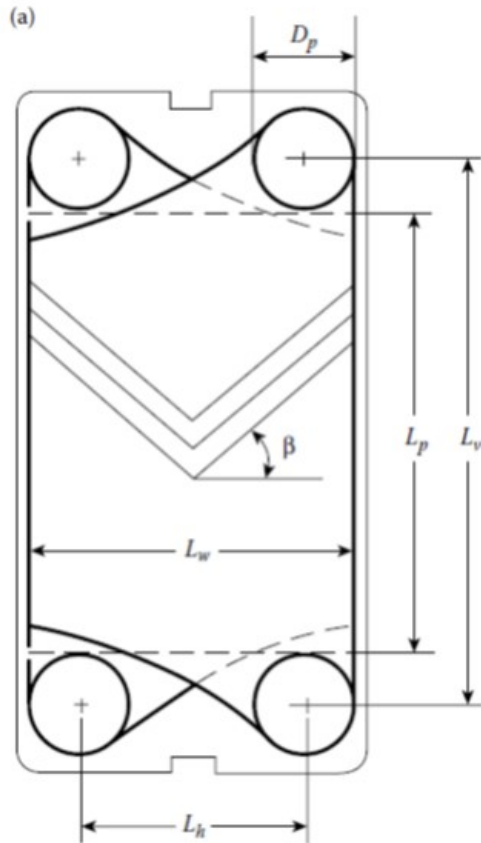
$$\phi := 1.25$$

Średnica wlotów do kanałów  $D_p := 200 \cdot \text{mm}$

Odległość pomiędzy otworami wlotowymi do kanałów, w pionie  $L_v := 1.55 \cdot \text{m}$

Efektywna szerokość kanału  $L_w := 0.63 \cdot \text{m}$





Średnia temperatura wody gorącej

$$T_{f1} := \frac{T'_1 + T''_1}{2} = 48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Średnia temperatura wody zimnej

$$T_{f2} := \frac{T'_2 + T''_2}{2} = 39.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Zależność właściwości wody od temperatury

$W :=$	20	998.21	4.1841	0.0010016	0.59846
	25	997.05	4.1813	0.00089008	0.60719
	30	995.65	4.1798	0.00079735	0.6155
	35	994.03	4.1793	0.00071932	0.62332
	40	992.22	4.1794	0.00065298	0.63063
	45	990.21	4.1801	0.00059607	0.63739
	50	988.03	4.1813	0.00054685	0.64359
	55	985.65	4.1830	0.00050398	0.64926
	60	983.2	4.185	0.0004664	0.65439
	65	980.55	4.1873	0.00043326	0.659
	70	977.76	4.1901	0.00040389	0.66313

Funkcje interpolujące właściwości wody

$$f\rho(t) := \text{linterp}(-W^{(0)}, -W^{(1)}, t) \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$fc_p(t) := \text{linterp}(-W^{(0)}, -W^{(2)}, t) \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$f\mu(t) := \text{linterp}(-W^{(0)}, -W^{(3)}, t) \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$$

$$f\lambda(t) := \text{linterp}(-W^{(0)}, -W^{(4)}, t) \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Właściwości fizyczne wody w temperaturze  $T_{f1}$

$$\rho_1 := f\rho\left(\frac{T_{f1}}{\text{K}} - 273.15\right) = 988.902 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{p1} := fc_p\left(\frac{T_{f1}}{\text{K}} - 273.15\right) = 4180.82 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\lambda_1 := f\lambda\left(\frac{T_{f1}}{\text{K}} - 273.15\right) = 0.6411 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$\mu_1 := f\mu\left(\frac{T_{f1}}{\text{K}} - 273.15\right) = (5.665 \cdot 10^{-4}) \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad \nu_1 := \frac{\mu_1}{\rho_1} = (5.729 \cdot 10^{-7}) \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Pr_1 := \frac{\mu_1 \cdot c_{p1}}{\lambda_1} = 3.695$$

Właściwości fizyczne wody w temperaturze  $T_{f2}$

$$\rho_2 := f\rho\left(\frac{T_{f2}}{\text{K}} - 273.15\right) = 992.401 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{p2} := f c_p \left( \frac{T_{f2}}{K} - 273.15 \right) = 4179.39 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$\lambda_2 := f \lambda \left( \frac{T_{f2}}{K} - 273.15 \right) = 0.6299 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\mu_2 := f \mu \left( \frac{T_{f2}}{K} - 273.15 \right) = (6.596 \cdot 10^{-4}) \text{ Pa} \cdot \text{s} \quad \nu_2 := \frac{\mu_2}{\rho_2} = (6.647 \cdot 10^{-7}) \frac{m^2}{s}$$

$$Pr_2 := \frac{\mu_2 \cdot c_{p2}}{\lambda_2} = 4.377$$

Wymiar charakterystyczny kanału pomiędzy dwiema kolejnymi płytami

$$b := p - t = 3 \text{ mm}$$

Pole przekroju poprzecznego jednego kanału

$$A_k := b \cdot L_w = (1.89 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

Przyjmujemy liczbę płyt

$$N_t = 45$$

Liczba kanałów wody ciepłej i wody zimnej

$$N_1 := \frac{N_t - 1}{2} = 22 \quad N_2 := N_1 = 22$$

Pole przekroju poprzecznego strumienia wody ciepłej i wody zimnej

$$A_{p1} := N_1 \cdot A_k = 0.04158 \text{ m}^2 \quad A_{p2} := A_{p1} = 0.04158 \text{ m}^2$$

Prędkość wody ciepłej

$$w_1 := \frac{m_1}{A_{p1} \cdot \rho_1} = 0.851 \frac{m}{s}$$

Strumień przenikającego ciepła

$$Q := m_1 \cdot c_{p1} \cdot (T'_1 - T''_1) = (3.512 \cdot 10^3) \text{ kW}$$

Strumień wody zimnej

$$m_2 := \frac{Q}{c_{p2} \cdot (T''_2 - T'_2)} = 24.008 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Prędkość wody zimnej

$$w_2 := \frac{m_2}{A_{p2} \cdot \rho_2} = 0.582 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Średnica hydrauliczna dla kanału

$$D_h := 2 \cdot b = 6 \text{ mm}$$

$$Re_1 := \frac{w_1 \cdot D_h}{\nu_1} = 8914.7$$

$$Re_2 := \frac{w_2 \cdot D_h}{\nu_2} = 5252.1$$

Korelacja Chisholma i Wanniarachchi'ego

Zakres zastosowania

$$Nu_1 := 0.72 \cdot Re_1^{0.59} \cdot Pr_1^{0.4} \cdot \phi^{0.41} \cdot \left( \frac{90 - \beta}{30} \right)^{0.66} = 372.281$$

$$30^\circ \leq \beta \leq 80^\circ$$

$$10^3 \leq Re \leq 10^4$$

$$Nu_2 := 0.72 \cdot Re_2^{0.59} \cdot Pr_2^{0.4} \cdot \phi^{0.41} \cdot \left( \frac{90 - \beta}{30} \right)^{0.66} = 291.566$$

$$\alpha_1 := \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{D_h} = 39778.9 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$\alpha_2 := \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{D_h} = 30609.5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Współczynnik przenikania ciepła

$$k := \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{t}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1} = (10.858 \cdot 10^3) \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Średnia różnica temperatur czynników

$$\Delta T' := T'_1 - T''_2 = 3 \text{ K}$$

$$\Delta T'' := T''_1 - T'_2 = 14 \text{ K}$$

$$\Delta T_{lnp} := \frac{\Delta T' - \Delta T''}{\ln \left( \frac{\Delta T'}{\Delta T''} \right)} = 7.141 \text{ K}$$

Obliczeniowa powierzchnia wymiany ciepła

$$A_c := \frac{Q}{k \cdot \Delta T_{lnp}} = 45.29 \text{ m}^2$$

$$N_t \equiv 45$$

Geometryczna powierzchnia wymiany ciepła dla  $N_t = 45$  płyt

$$A_{1w} := \phi \cdot (L_v - D_p) \cdot L_w = 1.063 \text{ m}^2$$

-pole powierzchni jednej płyty

$$A_g := (N_t - 2) \cdot A_{1w} = 45.71 \text{ m}^2$$

$$ITER := \begin{bmatrix} N_t & A_c & A_g \\ 41 & 43.74 & 41.46 \\ 45 & 45.29 & 45.71 \\ 49 & 46.79 & 49.97 \end{bmatrix}$$