

Pęczek rur z ożebrowaniem w postaci płaskich płyt ma następującą charakterystykę:

Układ rurek w pęczku: w szachownicę

Podziałka rur w kierunku przepływu: $X_l := 22 \cdot \text{mm}$

Podziałka rur w kierunku poprzecznym do kierunku przepływu: $X_t := 25.4 \cdot \text{mm}$

Liczba rur w jednym rzędzie: $n_{r1} := 20$

Liczba rzędów rur: $n_{rz} := 5$

Średnica zewnętrzna rurek: $d_z := 10.2 \cdot \text{mm}$

Grubość ścianki rurki: $\delta_r := 0.6 \cdot \text{mm}$

Długość rurki: $l := 600 \cdot \text{mm}$

Typ ożebrowania: płaskie, gładkie płyty

Liczba żeber na 1 m rurki: $n_{z1} := 315$

Średnica hydrauliczna: $D_{h2} = 4 \cdot L \cdot \frac{A_s}{A}$; $D_{h2} := 3.64 \cdot \text{mm}$; $r_{h2} := \frac{D_{h2}}{4} = 0.910 \text{ mm}$

L jest głębokością pęczka

Grubość żeber: $\delta := 0.33 \cdot \text{mm}$

Względny swobodny przekrój pęczka $\sigma = \frac{A_s}{A_p}$; $\sigma := 0.534$

Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła odniesiona do jednostki objętości pęczka

$\beta = \frac{A}{V}$; $\beta := 585 \cdot \frac{1}{\text{m}}$

Udział powierzchni ożebrowania w całkowitej powierzchni wymiany ciepła: $\frac{A_z}{A} = 0.839$

Materiał rurek i żeber: miedź o przewodności cieplnej $\lambda_r := 375 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Pęczek ten jest wykorzystywany do podgrzewania powietrza, które płynie na zewnątrz rurek.

Temperatura powietrza na wlocie do wymiennika: $T'_2 := 25 \text{ }^\circ\text{C}$

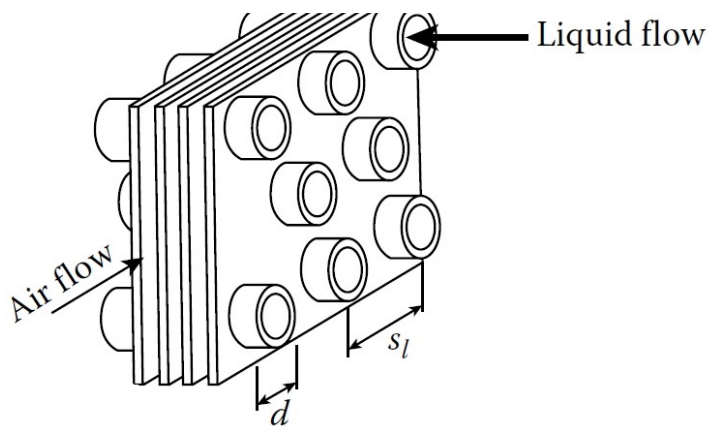
Temperatura powietrza na wylocie z wymiennika: $T''_2 := 34.3 \text{ }^\circ\text{C}$

Średnie ciśnienie powietrza: $p_2 := 1.2 \cdot \text{bar}$

Strumień powietrza: $m_2 := 3.2 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

Średnia temperatura ścianki po stronie żeber (bez uwzględnienia żeber) $T_w = 39.52 \text{ }^\circ\text{C}$





OBLICZYĆ:

- 1) Współczynnik wnikania ciepła po stronie rozwiniętej powierzchni wymiany ciepła (zewnątrznej).
- 2) Sprawność żebra.
- 3) Moc cieplną wymiennika.

ROZWIĄZANIE

Wymiary pęczka

Szerokość

$$l = 0.6 \text{ m}$$

Wysokość

$$H := n_{r1} \cdot X_t = 0.508 \text{ m}$$

Głębokość

$$L := n_{rz} \cdot X_t = 0.11 \text{ m}$$

Przekrój poprzeczny pęczka

$$A_p := l \cdot H = 0.305 \text{ m}^2$$

$$A_s := \sigma \cdot A_p = 0.163 \text{ m}^2$$

Średnia temperatura powietrza

$$T_{f2} := \frac{T'_2 + T''_2}{2} = 29.65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Właściwości powietrza w temperaturze $T_{f2} = 29.65 \text{ } ^\circ\text{C}$

Gęstość powietrza

$$R := 286.7 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \rho_2 := \frac{p_2}{R \cdot T_{f2}} = 1.382 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Współczynnik lepkości kinematycznej

$$\nu_2 := 16 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad \mu_2 := \nu_2 \cdot \rho_2 = (2.212 \cdot 10^{-5}) \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

Liczba Prandtla

$$Pr_2 := 0.701$$

Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu

$$c_{p2} := 1005 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Prędkość powietrza w przekroju swobodnym (maksymalna prędkość powietrza)

$$w_{2max} := \frac{m_2}{A_s \cdot \rho_2} = 14.223 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

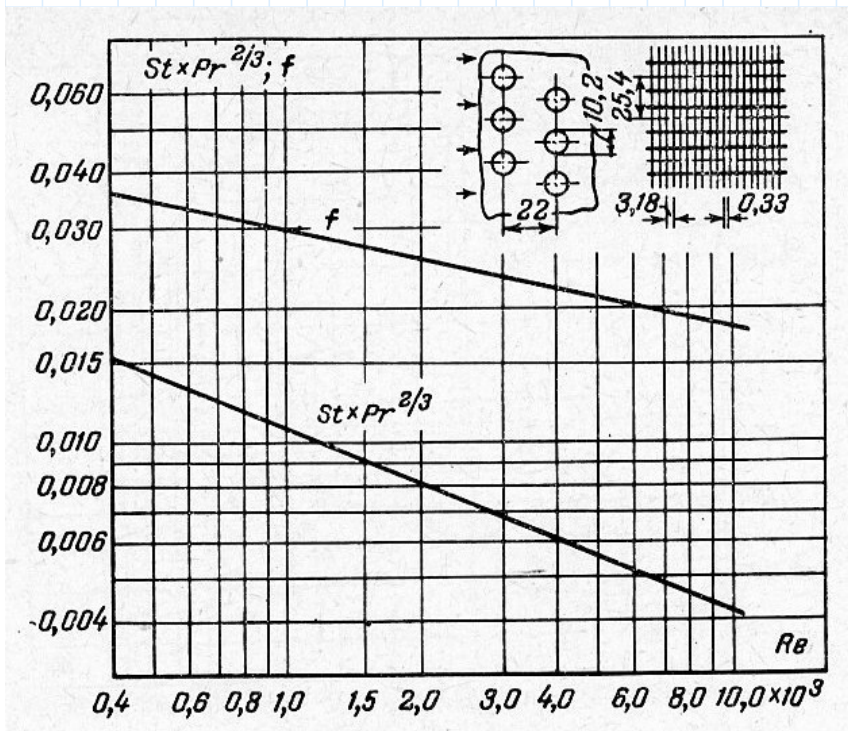
Prędkość masowa powietrza

$$G_2 := \rho_2 \cdot w_{2max} = 19.66 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

Liczba Reynoldsa

$$Re_2 := \frac{w_{2max} \cdot D_{h2}}{\nu_2} = 3235.8 \quad Re_2 := \frac{4 \cdot r_{h2} \cdot G_2}{\mu_2} = 3235.8$$

Moduł Colburna odczytujemy z wykresu sporządzonego dla danego pęczka



Zależność modułu Colburna i współczynnika tarcia od liczby Reynoldsa.

$$j_2 := 0.0065$$

Obliczamy teraz liczbę Stanton

$$St_2 := \frac{j_2}{Pr_2^{\frac{2}{3}}} = 0.008237$$

a następnie współczynnik wnikańia ciepła po stronie powietrza

$$\alpha_2 := St_2 \cdot G_2 \cdot c_{p2} = 162.75 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

2. Sprawność żebra.

$$X_l := 22 \cdot mm$$

$$X_t := 25.4 \cdot mm$$

$$d_z := 10.2 \cdot mm$$

Pole sześciokąta na jakie podzielono żebro płytowe

$$A_6 := X_l \cdot X_t = 558.8 \text{ mm}^2$$

Pole równoważnego żebra okrągłego

$$A_o := A_6 - \frac{\pi \cdot d_z^2}{4} = 477.087 \text{ mm}^2$$

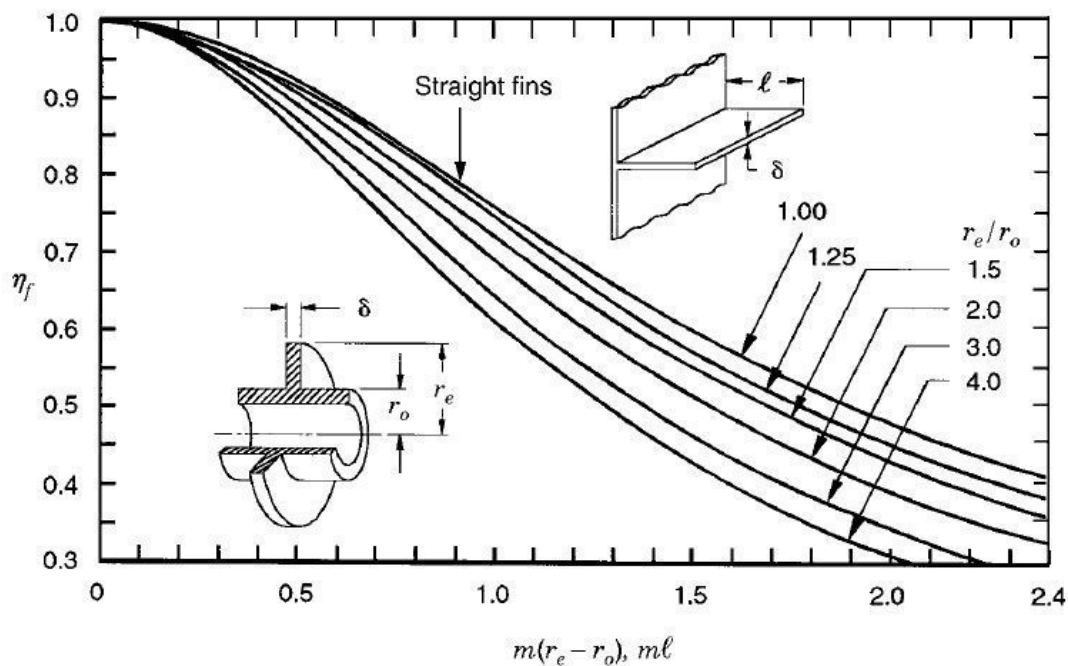
Średnica równoważnego żebra okrągłego

$$D := \sqrt{\frac{4 \cdot A_6}{\pi}} = 26.674 \text{ mm}$$

$$D := \sqrt{\frac{4 \cdot A_o}{\pi} + d_z^2} = 26.674 \text{ mm}$$

$$r_o := \frac{d_z}{2} = 0.005 \text{ m}$$

$$r_e := \frac{D}{2} = 0.013 \text{ m}$$



$$m_z := \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_2}{\delta \cdot \lambda_r}} = 51.287 \frac{1}{\text{m}}$$

$$m_z \cdot (r_e - r_o) = 0.422$$

$$\frac{r_e}{r_o} = 2.615$$

$$\eta_z := 0.94 \quad \text{odczyt z wykresu}$$

Sprawność powierzchni ożebrowanej

$$A_{z-A} := 0.839$$

$$\eta_{poz} := 1 - A_{z-A} \cdot (1 - \eta_z) = 0.9497$$

Objętość pęczka

$$V := n_{r1} \cdot X_t \cdot n_{rz} \cdot X_l \cdot l = 0.03353 \text{ m}^3$$

Całkowita zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła

$$A := \beta \cdot V = 19.614 \text{ m}^2$$

Strumień ciepła wnikającego do powietrza

$$Q_w := A \cdot \alpha_2 \cdot (T_w - T_{f2}) \cdot \eta_{poz} = (2.992 \cdot 10^4) \text{ W} \quad T_w \equiv 39.52 \text{ }^\circ\text{C}$$

Strumień ciepła pochłanianego przez powietrze

$$Q_p := m_2 \cdot c_{p2} \cdot (T''_2 - T'_2) = (2.991 \cdot 10^4) \text{ W}$$

W prawidłowo zaprojektowanym wymienniku musi być

$$Q_w = Q_p$$