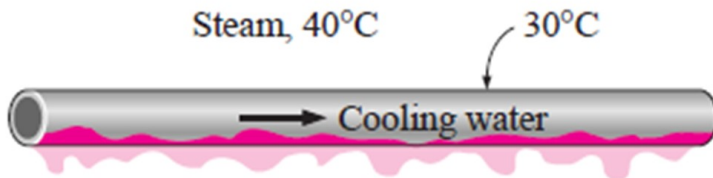


Skrapłacz pary wodnej pracuje pod ciśnieniem 7,38 kPa. Para wodna pod tym ciśnieniem skrapla się na zewnętrznej powierzchni poziomych rur, w których przepływa woda chłodząca. Zewnętrzna średnica rur wynosi 30 mm. Zewnętrzna powierzchnia rur ma stałą temperaturę 30°C. Dla odcinka rury o długości 1m obliczyć: (a) strumień odbieranego ciepła, (b) strumień kroplin.



$$D := 30 \text{ mm} \quad L := 1 \text{ m}$$

Temperatura nasycenia dla ciśnienia 7,38 kPa jest równa  $T_s := 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura ścianki  $T_w := 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Dla parametrów nasycenia 7.38 kPa i 40 °C ciepło parowania jest równe

$$r := 2406.5 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, \text{ a gęstość pary nasyconej suchej } \rho_v := 0.0512 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Średnia temperatura warstwy przyściennej

$$T_m := \frac{T_s + T_w}{2} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

Parametry termofizyczne kroplin dla temperatury  $T_m = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\rho_l := 994.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{pl} := 4175 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\mu_l := 0.719 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$\lambda_l := 0.624 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Ponieważ temperatura ścianki jest niższa od temperatury nasycenia, kropliny są przechłodzone. Dlatego podczas obliczania współczynnika wnikania ciepła  $\alpha$  użyjemy zmodyfikowanego ciepła parowania

$$r_e := r + 0.68 \cdot c_{pl} \cdot (T_s - T_w) = (2.435 \cdot 10^6) \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Współczynnik wnikania ciepła obliczamy za pomocą wzoru Nusselta

$$\alpha := 0.729 \cdot \left( \frac{g \cdot \rho_l \cdot (\rho_l - \rho_v) \cdot r_e \cdot \lambda_l^3}{\mu_l \cdot (T_s - T_w) \cdot D} \right)^{\frac{1}{4}} = (9.818 \cdot 10^3) \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła

$$A_z := \pi \cdot D \cdot L = 0.09425 \text{ m}^2$$

Strumień ciepła oddawany podczas skraplania

$$Q := A_z \cdot \alpha \cdot (T_s - T_w) = (9.253 \cdot 10^3) \text{ W}$$

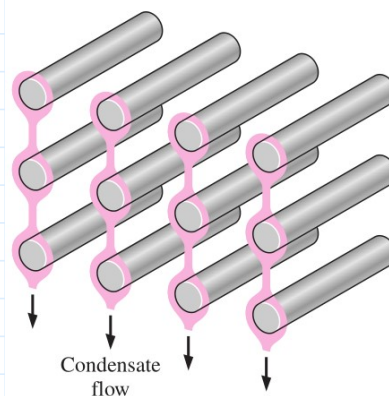
Strumień kroplin

$$m_{sk} := \frac{Q}{r_e} = 0.003800 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad m_{sk} = 3.8 \frac{\text{gm}}{\text{s}} \quad m_{sk} = 13.681 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

Obliczymy teraz współczynnik wnikania ciepła, strumień oddawanego ciepła oraz strumień kroplin dla pęczka rurek przedstawionego na rysunku obok.

Dla pęczka w układzie szeregowym składającego się  $n$  rzędów rur

$$\alpha_n = n^{\frac{-1}{4}} \cdot \alpha$$



W rozpatrywanym przypadku pęczek ma trzy poziome rzędy rur ( $n := 3$ ). W każdym rzędzie są 4 rury.

$$\alpha_3 := 3^{-1} \cdot \alpha = (7.46 \cdot 10^3) \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Uzyskana wartość  $\alpha_3$  obowiązuje dla wszystkich rurek w pęczku, czyli  $N := 12$  rur.

Zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła dla  $N = 12$  rur

$$A_{zN} := N \cdot A_z = 1.131 \text{ m}^2$$

Strumień ciepła oddawany podczas skraplania

$$Q_N := A_{zN} \cdot \alpha \cdot (T_s - T_w) = (1.11 \cdot 10^5) \text{ W}$$

Strumień kroplin

$$m_{skN} := \frac{Q_N}{r_e} = 0.045602 \frac{kg}{s} \quad m_{skN} = 45.602 \frac{gm}{s} \quad m_{skN} = 164.167 \frac{kg}{hr}$$