

Zadatak 96.

Rješenje:

Proračun koeficijenta prijelaza topline s unutarnje strane cijevi, $\alpha_u = ?$

Model: *Prisilna konvekcija, strujanje kroz cijev*

$$w = \frac{q_{m,HV}}{\rho \cdot A} = \frac{4 q_{m,HV}}{\rho n d_u^2 \pi} = 0,103 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{w \cdot d_u}{\nu} = 4657 > 3000$$

Strujanje je turbulentno, izobraženo

$$Nu = \frac{\alpha_u \cdot d_u}{\lambda} = 31,3$$

$$\alpha_u = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_u} = 806 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Koeficijent prolaza topline k , sveden na vanjsku površinu:

$$k_v = \frac{1}{\frac{r_v}{r_u \cdot \alpha_u} + \frac{r_v}{\lambda_c} \ln \frac{r_v}{r_u} + \frac{1}{\alpha_v}} = 359 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

a) Proračun cijelog izmjenjivača – slabija struja „1“ je hladnija voda, jer više mijenja svoju temperaturu

$$\pi_1 = \frac{\mathcal{G}'_1 - \mathcal{G}''_1}{\mathcal{G}'_1 - \mathcal{G}'_2} = \frac{20 - 80}{20 - 100} = 0,75 \quad \text{i} \quad \pi_3 = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\Delta \mathcal{G}_2}{\Delta \mathcal{G}_1} = \frac{30}{60} = 0,5$$

Iz dijagrama za protusmjerni izmjenjivač se očita, ili izračuna iz izraza:

$$\pi_2 = \frac{k_v \cdot A_{0,v}}{C_1} = \frac{\ln\left(\frac{1 - \pi_3 \pi_1}{1 - \pi_1}\right)}{1 - \pi_3} = 1,833, \text{ te uz vrijednost toplinskog kapaciteta hladnije vode:}$$

$C_1 = q_{m,HV} \cdot c_{w,50^\circ\text{C}} = 12540 \text{ W/K}$, dobiva se ukupna površina izmjenjivača

$$A_{0,v} = \frac{\pi_2 \cdot C_1}{k_v} = 64,02 \text{ m}^2$$

Duljina cijevnog snopa je:

$$L = \frac{A_{0,v}}{n d_v \pi} = 11,32 \text{ m}$$

Maseni protok toplije vode:

$$q_{m,TV} = \frac{C_1 (\vartheta_1'' - \vartheta_1')}{c_{w,85^\circ\text{C}} (\vartheta_2' - \vartheta_2'')} = 5,971 \text{ kg/s},$$

$$\text{i toplinski kapacitet } C_2 = q_{m,TV} \cdot c_{w,85^\circ\text{C}} = 25079 \text{ W/K}$$

b) Traži se mjesto na kojemu je razlika temperatura toplije i hladnije vode jednaka 40°C

Promatra li se dio izmjenjivača duljine L_x (mjereno od lijevog kraja), „ulazna“ temperatura toplije vode je ϑ_{2x} , a „izlazna“ temperatura hladnije vode je ϑ_{1x} .

Izmijenjeni toplinski tok je

$$C_1 (\vartheta_{1x} - \vartheta_1') = C_2 (\vartheta_{2x} - \vartheta_2'')$$

Zadana je razlika temperatura $\vartheta_{2x} - \vartheta_{1x} = 40^\circ\text{C}$, pa se iz te dvije jednadžbe dobiju tražene temperature:

$$\vartheta_{2x} = 80^\circ\text{C} \quad \text{i} \quad \vartheta_{1x} = 40^\circ\text{C}$$

Za taj dio izmjenjivača temperaturna funkcija π_1 jednaka je:

$$\pi_{1x} = \frac{\vartheta_1' - \vartheta_{1x}}{\vartheta_1' - \vartheta_{2x}} = \frac{20 - 40}{20 - 80} = 0,333,$$

π_3 ima istu vrijednost, $\pi_3 = 0,5$, pa se dobiva $\pi_{2x} = 0,4463$.

Uz iste vrijednosti C_1 i k_v , dobiva se površina tog dijela izmjenjivača:

$$(A_{0,v})_x = \frac{\pi_{2x} \cdot C_1}{k_v} = 15,59 \text{ m}^2$$

$$\text{i tražena duljina } L_x = \frac{(A_{0,v})_x}{n d_v \pi} = 2,757 \text{ m}.$$

Iz diferencijalne jednadžbe protusmjernog izmjenjivača:

$$\delta\Phi = C_1 d\vartheta_1 = C_2 d\vartheta_2 = k_v (\vartheta_2 - \vartheta_1) dA_v,$$

dobiju se tražene derivacije:

$$\frac{d\vartheta_1}{dA_v} = \frac{k_v}{C_1} (\vartheta_2 - \vartheta_1) = \frac{359}{12540} (80 - 40) = 1,145^\circ\text{C/m}^2$$

$$i \quad \frac{d\vartheta_2}{dA_v} = \frac{k_v}{C_2} (\vartheta_2 - \vartheta_1) = \frac{359}{25079} (80 - 40) = 0,5725 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{m}^2 .$$

ϑ, A -dijagram za izmjenjivač:

