

7. U lončetu za kafu se nalazi 100 g vode temperature 20°C. Ako je snaga grejača 300 W, odrediti: a) za koje vreme će doći do zasićenog ključanja i b) vreme kada će sva voda ispariti.

$$m = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$$

$$t = 20^\circ \text{C}$$

$$Q = 300 \text{ W}$$

$$\text{a) } m(h' - h) = Q\tau_a$$

$$\tau_a = \frac{m(h' - h)}{Q}$$

$$\text{za } \begin{matrix} p = 0,1 \text{ MPa} \\ t = 20^\circ \text{C} \end{matrix} \Rightarrow h = 84,03 \text{ kJ/kg}, \text{ za } p = 0,1 \text{ MPa} \Rightarrow h' = 417,44 \text{ kJ/kg}, h'' = 2675,5 \text{ kJ/kg}$$

$$\tau_a = \frac{0,1 \cdot (417,44 - 84,03) \cdot 10^3}{300} = 111,14 \text{ s} = 1,85 \text{ min}$$

$$\text{b) } \underbrace{m(h' - h)}_{\text{zagrevanje}} + \underbrace{m(h'' - h')}_{\text{isparavanje (sva voda ispari)}} = Q\tau_b$$

$$m(h'' - h) = Q\tau_b$$

$$\tau_b = \frac{0,1 \cdot (2675,5 - 84,03) \cdot 10^3}{300} = 863,82 \text{ s} = 14,39 \text{ min}$$

8. Voda na pritisku od 18 MPa i sa pothlađenjem od $\Delta h_{pot} = 100 \text{ kJ/kg}$, utiče u cev unutrašnjeg prečnika 30 mm brzinom 0,5 m/s. Cev je ravnomerno po obimu izložena toplotnom fluksu od 100 kW/m^2 . Odrediti dužinu zagrevanja do početka zasićenog ključanja. Količina toplote koja se preda cevi = količini toplote koja se preda vodi. Posmatramo cev do dužine L, odnosno dužinu zagrevanja, tj. vodu do početka zasićenog ključanja.

$$p = 18 \text{ MPa}$$

$$\Delta h_{pot} = 100 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, h_{ul} = h' - \Delta h_{pot}$$

$$D = 30 \text{ mm} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$u_{ul} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_A = 100 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

$$L = ?$$

$$\pi D L q_A = \dot{m}(h' - h_{ul}) = \dot{m} \Delta h_{pot}$$

$$\dot{m} = \rho u A, A = \frac{D^2 \pi}{4},$$

$$\rho_{ul} = \rho(p, h_{ul})$$

$$h_{ul} = h' - \Delta h_{pot}$$

$$\text{za } p = 18 \text{ MPa} \Rightarrow h' = 1732,023 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{ul} = 1732,023 - 100 = 1632,023 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_{ul} = \rho(18 \text{ MPa}, 1632,023 \text{ kJ/kg}) = 601,71 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$L = \frac{\dot{m} \Delta h_{pot}}{\pi D q_A} = \frac{\rho_{ul} u_{ul} \frac{D^2 \pi}{4} \Delta h_{pot}}{\pi D q_A} = \frac{\rho_{ul} u_{ul} D \Delta h_{pot}}{4 q_A} = \frac{601,71 \cdot 0,5 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{4 \cdot 100} = 2,26 \text{ m}$$

9. U cev utiče pothlađena voda entalpije, koja je niža od entalpije zasićene vode za 100 kJ/kg. Na kojoj visini će početi zasićeno ključanje vode, ukoliko je toplotni fluks duž cevi i po obimu konstantan i iznosi 10 W/cm²? Usvojiti da su gustina vode i brzina strujanja konstantni u delu zagrevanja i iznose $\rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$, i $u_1 = 1 \text{ m/s}$. Prečnik cevi je $D = 0,01 \text{ m}$.

$$\Delta h_{pot} = 100 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, h_{ul} = h' - \Delta h_{pot}$$

$$q_A = 10 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} = 10^5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$u_1 = 1 \text{ m/s}$$

$$D = 0,01 \text{ m}$$

$$L = ?$$

BILANS ENERGIJE ZA TEČNU FAZU

$$\frac{\partial(\alpha_1 \rho_1 h_1)}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha_1 \rho_1 u_1 h_1)}{\partial z} = \Gamma_{21} h_2 - \Gamma_{12} h_2 + q_{v1}$$

za stacionarno strujanje $\frac{\partial}{\partial t} = 0$, za strujanje vode $\alpha_1 = 1$, nema faznog prelaza $\Gamma_{21} = 0$, $\Gamma_{12} = 0$

$$\frac{d(\alpha_1 \rho_1 u_1 h_1)}{dz} = q_{v1}$$

$$\rho_1 u_1 \int_{h_{ul}}^{h'} dh_1 = q_{v1} \int_0^L dz$$

$$\rho_1 u_1 (h' - h_{ul}) = q_{v1} L$$

$$Q = q_A A_Q = q_V V_Q \Rightarrow q_A D \pi L = q_V \frac{D^2 \pi}{4} L \Rightarrow q_V = \frac{4 q_A}{D}$$

$$L = \frac{\rho_1 u_1 (h' - h_{ul})}{q_{v1}}$$

$$L = \frac{\rho_1 u_1 D (h' - h_{ul})}{4 q_A}$$

$$L = \frac{800 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 100 \cdot 10^3}{4 \cdot 10 \cdot 10^4} = 2 \text{ m}$$

10. Voda utiče u grejni kanal ključajućeg reaktora sa pothlađenjem 12⁰C na pritisku 70 bar is a protokom od 18 kg/s. U cilju obezbeđenja odgovarajuće moderacije jezgra reaktora maksimalni dozvoljeni zapreminski udeo pare na izlazu iz grejnog kanala je 0,8. Koliko je maksimalno dozvoljeno toplotno opterećenje kanala u MW? Zanimariti pad pritiska u

kanalu, uzeti u obzir klizanje između faza primenom Tomove korelacije $S = 0,93 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{0,11} + 0,07 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{0,561}$.

$$\Delta t_{pot} = 12^{\circ}C, t_{ul} = t_{sat} - \Delta t_{pot}$$

$$p = 70 \text{ bar} = 7 \text{ MPa}$$

$$\dot{m} = 18 \text{ kg/s}$$

$$\alpha_{2iz} = 0,8$$

$$\dot{Q} = ?$$

$$\dot{Q} = \underbrace{\dot{m}(h' - h_{ul})}_{\text{zagrevanje}} + \underbrace{\dot{m}_2(h'' - h')}_{\text{isparavanje (ne isparava sva voda!)}}$$

$$\dot{m}_2 = \chi \dot{m}$$

$$r = h'' - h'$$

$$h_{ul} = h(p, t_{ul}) = h(p = 7 \text{ MPa}, t_{ul} = t_{sat}(p = 7 \text{ MPa}) - \Delta t_{pot} = 285,83 - 12 = 273,83^{\circ}C) = 1205 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{za } p = 7 \text{ MPa} \Rightarrow h' = 1267 \text{ kJ/kg}, r = 1505 \text{ kJ/kg}, v_1 = v' = 0,001351 \text{ m}^3/\text{kg}, v_2 = v'' = 0,02737 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\chi = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} = \frac{1}{\frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} + 1} = \frac{1}{\frac{\rho_1 \alpha_1 u_1 A}{\rho_2 \alpha_2 u_2 A} + 1} = \frac{1}{1 + \frac{1}{S} \cdot \frac{1 - \alpha_{2iz}}{\alpha_{2iz}} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{S} \cdot \frac{1 - \alpha_{2iz}}{\alpha_{2iz}} \cdot \frac{v_2}{v_1}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = 20,259$$

$$S = 0,93 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{0,11} + 0,07 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{0,561} = 1,67$$

$$\chi = \frac{1}{1 + \frac{1}{S} \cdot \frac{1 - \alpha_{2iz}}{\alpha_{2iz}} \cdot \frac{v_2}{v_1}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{1,67} \cdot \frac{1 - 0,8}{0,8} \cdot 20,259} = 0,248$$

$$\dot{Q} = \dot{m}(h' - h_{ul}) + \dot{m} \chi r = 18 \cdot (1267 - 1205) + 18 \cdot 0,248 \cdot 1505 = 7833,43 \text{ kW} = 7,833 \text{ MW}$$