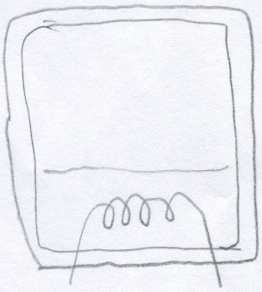
Lösning 5

Antagande: slutet system Δke o Δpe försummas

Analys, konstant volym och massa v = konstant

1HS för slutet system, Isolerat $Q=0$

$$\underbrace{Q}_{0} - W = \Delta E_{system} \overset{\Delta ke \text{ o } \Delta pe = 0}{=} \Delta U$$



$$-W_{net,ut} = m(u_2 - u_1)$$

$$W_{net,ut} = \underbrace{W_{ut}}_{0} - W_{in}$$

$$W_{in} = m(u_2 - u_1)$$

2 kg vätska, 5 kg ånga

ger $X = \frac{5}{7}$

$$u_1 = u_f \cdot \left(1 - \frac{5}{7}\right) + u_g\left(\frac{5}{7}\right)$$

$u_{f,200kPa} = 504{,}49$

$u_{g,200kPa} = 2529{,}5$

$$u_1 = 144{,}14 + 1806{,}8 = 1950{,}9 \text{ kJ/kg}$$

sluttillståndet fås via $v_1 = v_2$

$v_f = 0{,}001061$

$v_g = 0{,}8857$

$$v_1 = v_f \frac{2}{7} + v_g \cdot \frac{5}{7} =$$

$$= 0{,}0001516 + 0{,}6326 = 0{,}6328 \; [m^3/kg]$$

Sluttemperatur mellan 130 och 135°C (v sjunker med ökat T)

$$T_2 = 130 + \frac{5}{0{,}6685 - 0{,}5822}(0{,}6685 - 0{,}6328)$$

$$T_2 = 130 + 2{,}07$$

$$T_2 = 132\,°C \qquad u_2 \approx 2542 \text{ kJ/kg}$$

forts 5

$$W_{in} = 7(2542 - 1950{,}9) = 4138 \text{ kJ}$$

$$\dot{W}_{in} = 780 \, [W]$$

$$\Delta t = \frac{W_{in}}{\dot{W}_{in}} = \frac{4138 \cdot 10^3}{780} = 5305 \, [s]$$

Svar 1h 28 min

6. Lösning

Antagande: luften betraktas som en ideal gas och strömningen inkompressibel

Analys: samband för strömningsmotstånd och def. av termisk verkningsgrad används

$$F_D = C_D \cdot A \cdot \frac{\rho V^2}{2}$$

$$V = \frac{100 \cdot 10^3}{3600} = 27{,}8 \text{ m/s}$$

$V << 100$ m/s alltså inkompressibelt

$C_{D1} = 0{,}3$

$C_{D2} = 0{,}26$

ρ bestäms med gaslagen

$$PV = mRT \qquad \rho = \frac{m}{V} = \frac{P}{R \cdot T}$$

$T = 15 + 273 = 288$ K

$R = 287$ (A-2) J/(kg·K)

$P = 97 \cdot 10^3$ Pa

$$\rho = \frac{97 \cdot 10^3}{287 \cdot 288} = 1{,}17 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta F_D = \underbrace{(C_{D1} - C_{D2})}_{0{,}04} \cdot A \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} = 27{,}13 \text{ [N]}$$

$$\Delta \dot{W} = V \cdot \Delta F_D = 27{,}13 \cdot 27{,}8 = 754 \text{ [W]}$$

100 mil med hastigheten 100 km/h betyder 10 timmar körning

$$\Delta W = \Delta \dot{W} \cdot \Delta t = 754 \text{ J/s} \cdot 10 \cdot 3600 \text{ s} = 27{,}15 \text{ MJ}$$

fort 6

Antal kg bränsle

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{IN}}$$

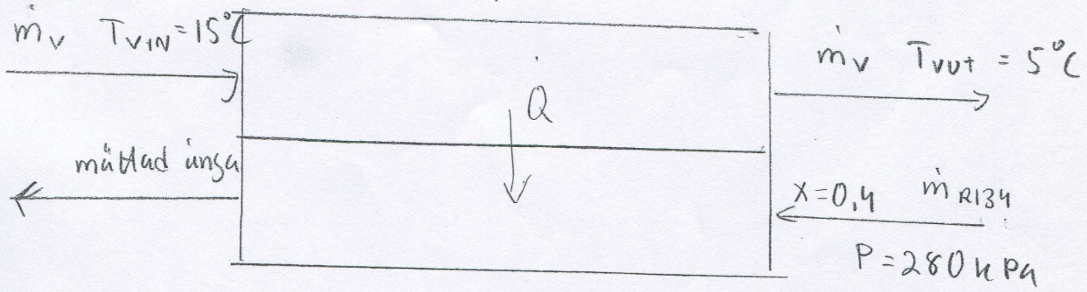
$$Q_{IN} = \frac{\Delta W}{\eta_{th}} \qquad Q_{IN} = m_{bränsle} \cdot HV$$

$$m_{bränsle} = \frac{\Delta W}{\eta_{th} \cdot HV} = \frac{27{,}15 \cdot 10^6}{0{,}29 \cdot 44 \cdot 10^6} = 2{,}12 \text{ kg}$$

$$V_{bränsle} = \frac{2{,}12}{0{,}8} = 2{,}66 \text{ liter}$$

Svar. 0,75 kW och 2,7 liter bensin

7 Värmeväxlare / förångare



Antagande: stationärt

Analys: Uppgiften löses med 1HS för KV
KV kring förångarsidan ger överförd effekt
KV kring hela vvx ger värmebalans och sökt flöde på vattensidan

KV kring förångarsidan

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{ut}\left(h_{ut} + \frac{V_{ut}^2}{2} + g \cdot z_{ut}\right) - \sum \dot{m}_{in}\left(h_{in} + \frac{V_{in}^2}{2} + g \cdot z_{in}\right)$$

Endast ett in resp utflöde
Ändringar i kinetisk o potentiell energi försum
Inget arbetsutbyte

$$\dot{Q} = \dot{m}\left(h_{ut} - h_{in}\right)$$

h_{ut} (mättad ånga vid givet tryck)

$h_{ut} = 246{,}5$ kJ/kg

$h_{in}\,(x = 0{,}4) = (1 - x) \cdot h_f + x \cdot h_g$

forts 7

$$h_{in} = (1-0,4)\cdot 48,39 + 0,4\cdot 246,52 = 127,63$$

$$\dot{Q} = 2,0\,(246,52 - 127,63) = 237,8\cdot 10^3 \; [W]$$

KV kring hela gen

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum \dot{m}_{ut}\left(h_{ut} + \frac{V_{ut}^2}{2} + g z_{ut}\right) - \sum \dot{m}_{in}\left(h_{in} + \frac{V_{in}^2}{2} + g\right.$$

Inget värme eller arbete över systemgränsen

Ändringar i kinetisk o pot energi försummas

$$0 = \dot{m}_v \cdot h_{5°C} + \dot{m}_{R134a}\cdot h_{UT} - \dot{m}_v\cdot h_{15°C} - \dot{m}_{R134a}\cdot h_{IN}$$

$$\dot{m}_v\,(h_{15°C} - h_{5°C}) = \underbrace{\dot{m}_{R134a}\,(h_{ut} - h_{IN})}_{\dot{Q}}$$

$$\dot{m}_v = \frac{\dot{Q}}{(h_{15°C} - h_{5°C})} = \frac{\dot{Q}}{C_p\cdot \Delta T}$$

Cp för vatten vid medeltemperaturen 10°C fås ur A-15 $C_p = 4194\ J/kgK$

(Vätskeentalpier kan också användas)

$$\dot{m}_v = \frac{237,8\cdot 10^3}{4194\cdot 10} = 5,67$$

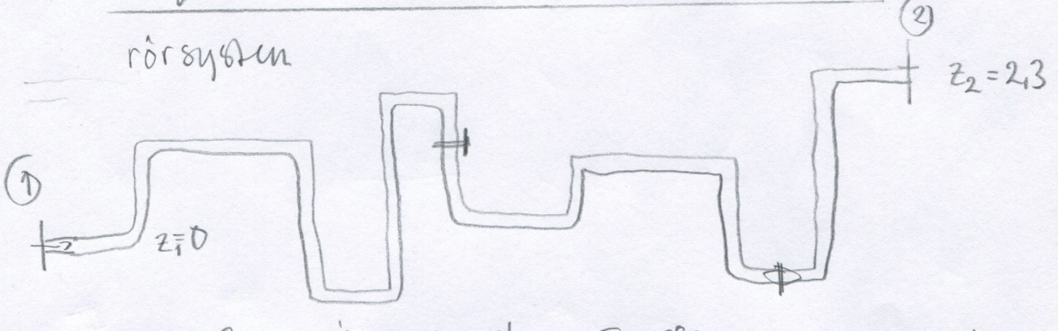
Svar 0,24 [MW] och 5,7 kg/s

8 Lösning

Antagande: stationärt, ρ = konstant, inget värmeutbyte

Analys. BEU används

rörsystem



$D = 0{,}05$ [m] $\quad \dot{V} = 9$ liter s^{-1} $\quad T = 15°C$ $\quad$ Inga pumpar el. turbiner.

$L = 38$ m $\quad \Delta P = 320$ kPa

BEU

$$P_1 + \cancel{\frac{\rho V_1^2}{2}} + \underbrace{\rho g z_1}_{0} = P_2 + \cancel{\frac{\rho V_2^2}{2}} + \rho g z_2 + \Delta P_{förlust}$$

$V_1 = V_2$

$$\Delta P_{förlust} = \left[f \cdot \frac{L}{D} + \underbrace{\Sigma K_L}_{söks} \right] \cdot \frac{\rho V^2}{2}$$

f beror av Re, ev skrovlighet

$$V = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{0{,}009 \cdot 4}{\pi \cdot 0{,}05^2} = 4{,}58 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{V \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$\mu_{15°C} = 1{,}138 \cdot 10^{-3}$

$\rho = 999{,}1$ kg/m^3

$$= \frac{4{,}58 \cdot 0{,}05 \cdot 999{,}1}{1{,}138 \cdot 10^{-3}} \simeq 2{,}01 \cdot 10^5$$

Moody Chart ger

för $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}045 \text{ mm}}{50 \text{ mm}}$

$f \simeq 0{,}02$

$\frac{\varepsilon}{D} = 0{,}0009$

$$\Delta P_{förlust} = (P_1 - P_2) - \rho g z_2$$

$$= 320 \cdot 10^3 - \underbrace{999{,}1 \cdot 9{,}81 \cdot 2{,}3}_{22{,}54 \cdot 10^3} = 297{,}5 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

forts 8

$$\Delta P_{förlust} = \left[f \cdot \frac{L}{D} + \sum K_L \right] \frac{\rho \cdot V^2}{2}$$

$$\sum K_L = \frac{\Delta P_{förlust} \cdot 2}{\rho V^2} - f \cdot \frac{L}{D}$$

$$\sum K_L = \frac{297{,}5 \cdot 10^3 \cdot 2}{999{,}1 \cdot 4{,}58^2} - 0{,}02 \frac{38}{0{,}05} = 13{,}2$$

Svar $\sum K_L$ är 13,2