

## Házi feladat

Főiskolai szintű gépészmérnöki szak, levelező tagozat,

### II. évfolyam

1. Egy zárt rendszerben a  $p_1 = 1,1 \text{ bar}$  és  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotú ideális gázt politrópikusan ( $n = 1,3$ )  $p_2 = 6,6 \text{ bar}$  nyomásra komprimálják. Meghatározandó a fajlagos kompresszió-munka, a fajlagos hő és a fajlagos entrópiaváltozás! Ábrázolja a folyamatot  $h-s$  diagramon!

Adatok:  $R_0 = 8,3147 \text{ kJ / kmol K}$ ,  $M = 40 \text{ kg / kmol}$ ,  $c_{p0} = 0,520 \text{ kJ / kg K}$ .

**10 pont**

2. Egy légturbinában az  $\dot{m}_1 = 14 \text{ kg/s}$  tömegáramú,  $p_1 = 3 \text{ bar}$  és  $t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{C}$  kezdőállapotú levegő (ideális gáz) izentrópicusan  $p_2 = 1 \text{ bar}$  nyomásig expandál. Mennyi a turbina teljesítménye, ha a kinetikus és potenciális energia változása elhanyagolható? Mekkora az irreverzibilitásból származó fajlagos entrópiaváltozás, ha a valóságos expanzió véghőmérséklete  $\Delta t = 16 \text{ }^\circ\text{C}$  értékkel magasabb, mint izentrópicus esetben?

Adatok:  $c_{p0} = 1,004 \text{ kJ / kg K}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

**10 pont**

3. Egy adiabatikus centrifugálkompresszorban az  $\dot{m} = 9 \text{ kg/s}$  tömegáramú  $p_1 = 1,01 \text{ bar}$  és  $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotú ideális gázt komprimálják. A nyomásviszony  $\pi = p_2 / p_1 = 4$ , a kilépő hőmérséklet  $t_2 = 177 \text{ }^\circ\text{C}$ . A gáz a kompresszorba  $c_1 = 120 \text{ m/s}$  sebességgel lép be és ez az érték a kilépéskor  $c_2 = 60 \text{ m/s}$ -ra csökken. Mennyi a kompresszor hajtásához szükséges teljesítmény? Mennyi a kompresszor izentrópicus hatásfoka?

Adatok:  $R = 0,287 \text{ kJ / kg K}$ ,  $\kappa = 1,4$ .

**10 pont**

4. Egy  $D = 50 \text{ mm}$  belső átmérőjű,  $L = 1 \text{ km}$  hosszú, vízszintes csővezetékben áramló fűtőolaj térfogatárama  $Q = 10 \text{ m}^3 / \text{h}$ . A fűtőolaj kinematikai viszkozitása  $\nu = 40 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$ , sűrűsége  $\rho = 900 \text{ kg / m}^3$ . Mekkora nyomáskülönbség szükséges az olaj szállításához?

**10 pont**

5. Egy adiabatikus gőzturbinában a  $p_1 = 14 \text{ bar}$  és  $t_1 = 300 \text{ }^\circ\text{C}$  állapotú túlhevített gőz izentrópicusan  $p_2 = 0,05 \text{ bar}$  nyomásig expandál. Mennyi a turbinából nyerhető fajlagos munka, ha a kinetikus és potenciális energia változása elhanyagolható? Hogyan változik a fajlagos munka, ha a gőzt az expanzió előtt  $p_1^* = 6 \text{ bar}$  nyomásra fojtják? (A fojtás utáni

állapot is a túlhevített mezőben van!) Ábrázolja az állapotváltozásokat  $T-s$  és  $h-s$  diagramon!

A gőz állapotjelzői:

$$p_1 = 14 \text{ bar nyomáson és } t_1 = 300 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_2 = 0,05 \text{ bar nyomáson}$$

hőmérsékleten:

$$h_1 = 3036 \text{ kJ / kg}$$

$$s_1 = 6,96 \text{ kJ / kg K}$$

$$h'_2 = 136 \text{ kJ / kg}$$

$$h''_2 = 2560 \text{ kJ / kg}$$

$$s'_2 = 0,47 \text{ kJ / kg K}$$

$$s''_2 = 8,40 \text{ kJ / kg K}$$

$$p_1^* = 6 \text{ bar nyomáson és } t_1^* = 290 \text{ }^\circ\text{C}$$

hőmérsékleten

$$s_1^* = 7,34 \text{ kJ / kg K}$$

**15 pont**

6. Egy Rankine-Clausius körfolyamatban a kazánnomás  $p = 42 \text{ bar}$ , a túlhevítési hőmérséklet  $t = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ , a kondenzátornomás pedig  $p_0 = 0,035 \text{ bar}$ . A tápszivattyú munkáját elhanyagolva meghatározandó a körfolyamat termikus hatásfoka, munkaaránya és közepes hőbetáplálási hőmérséklete! Ábrázolja a körfolyamatot  $T-s$  és  $h-s$  diagramon!

Állapotjelzők

$$p = 42 \text{ bar nyomáson és}$$

$$t = 500 \text{ }^\circ\text{C hőmérsékleten:}$$

$$s = 7,066 \text{ kJ / kg K,}$$

$$h = 3442,6 \text{ kJ / kg,}$$

$$p_0 = 0,035 \text{ bar nyomáson:}$$

$$s'_0 = 0,391 \text{ kJ / kg K,}$$

$$s''_0 = 8,5211 \text{ kJ / kg K,}$$

$$h'_0 = 112 \text{ kJ / kg,}$$

$$h''_0 = 2550 \text{ kJ / kg.}$$

**15 pont**

7. Vázlat segítségével mutassa be a Pitot-cső és a Prandtl-cső közötti különbséget és ismertesse a két mérőeszköz alkalmazási területeit!

**10 pont**

8. Beépítési vázlat segítségével ismertesse a csőben áramló folyadék térfogatáramának Venturi-cső segítségével történő mérését!

**10 pont**

A feladatok beadásának határideje: az utolsó konzultáció napja. Határidőn túl a feladatok csak halasztási engedéllyel adhatók be!

Az aláírás megszerzésének feltétele: **54 pont**.

**Miskolci Egyetem**  
**Hő- és Áramlástan Tanszéke**

**Műszaki hő- és áramlástan**  
(Házi feladat)  
(Főiskolai szintű levelező gépész szak 2000)

**Készítette:**

**Kovács Balázs**  
**II. éves gépészmérnök hallgató**

1., Egy zárt rendszerben a megadott állapotú ideális gázt politrópicusan összekomprimálják. Meghatározandó a fajlagos kompresszió-munka, a fajlagos hő és a fajlagos entrópia változás! Ábrázolja a folyamatot h-s diagramon!

Adatok:

$$R_0 = 8,3147 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$$

$$M = 40 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$c_{p0} = 0,520 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$p_1 = 1,1 \text{ bar}$$

$$t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad T_1 = 300 \text{ K}$$

$$n = 1,3$$

$$p_2 = 6,6 \text{ bar.}$$

$$w_{12} = ? \quad c_n = ? \quad s_2 - s_1 = ?$$

$$pv^n = \text{állandó}, \quad p_1 v_1^n = p_2 v_2^n \quad \Rightarrow \quad \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^n = \frac{p_2}{p_1}$$

$$R = \frac{R_0}{M} = \frac{8,3147 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}}{40 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 0,2078 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$p_1 v_1 = RT_1 \quad \Rightarrow \quad v_1 = \frac{R T_1}{p_1} = \frac{207,8 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 300 \text{ K}}{1,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 0,5667 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$p_1 v_1^n = p_2 v_2^n \quad \Rightarrow$$

$$v_2 = \sqrt[n]{\frac{p_1 v_1^n}{p_2}} = \sqrt[1,3]{\frac{1,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 0,5667^{1,3} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)^{1,3}}{6,6 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}} = 0,1428 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$R_0 = c_{p0} - c_{v0} \quad \Rightarrow \quad c_{v0} = c_{p0} - R_0 =$$

$$0,52 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} + 8,3147 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} = 8,8347 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{0,52 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}}{8,8347 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}} = 0,05885$$

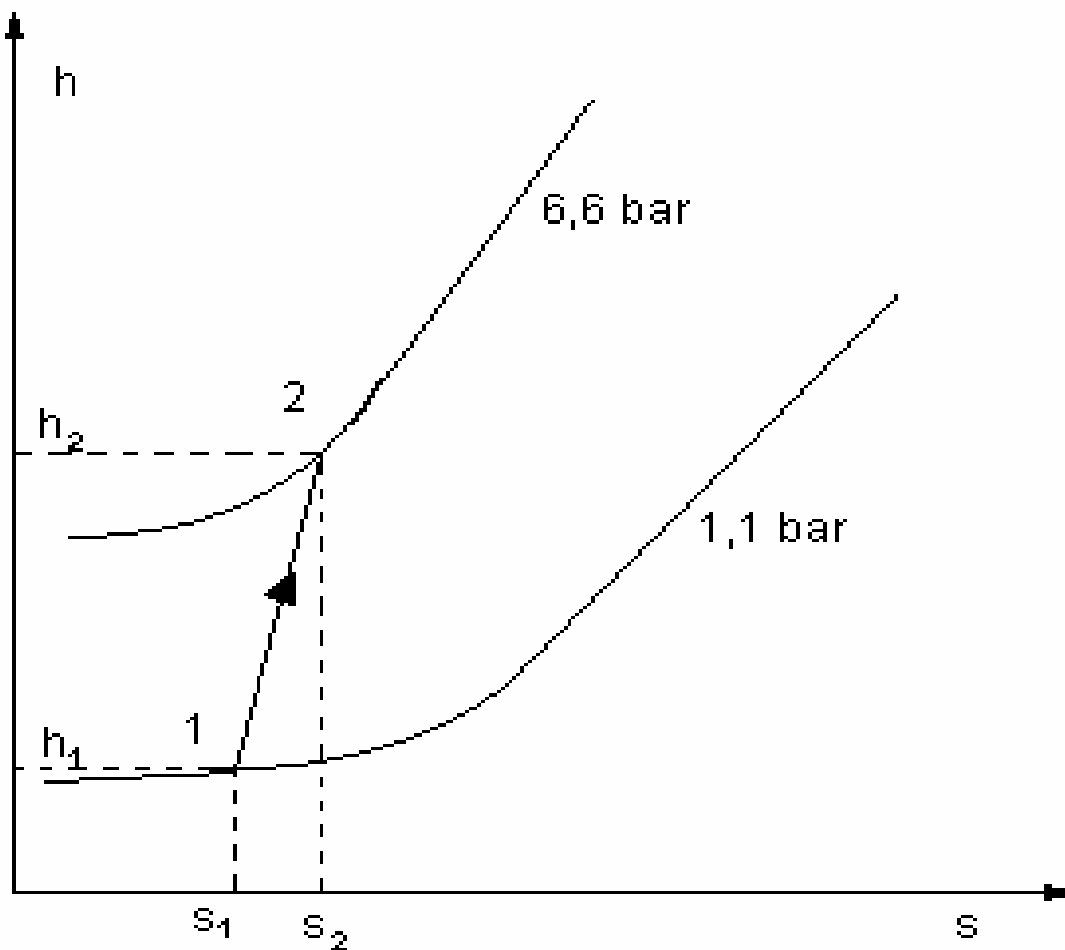
$$\frac{w_{t12}}{n-1} = \frac{p_1 v_1}{n-1} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \frac{1,1 \cdot 10^5 \cdot 0,5667}{0,3} \left[ \left( \frac{6,6}{1,1} \right)^{\frac{1,3-1}{1,3}} - 1 \right] = 105,97 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\underline{c_n} = c_v \frac{n - \kappa}{n - 1} = 8,8347 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \frac{1,3 - 0,05885}{1,3 - 1} = 36,55 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$T_1 v_1^{n-1} = T_2 v_2^{n-1} \quad \Rightarrow \quad T_2 = T_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{n-1} = 300 \text{ K} \cdot \left( \frac{0,5667 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{0,1428 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \right)^{0,3} = 453,637 \text{ K}$$

$$\underline{s_2 - s_1} = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} = 8,8347 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot \ln \frac{453,637 \text{ K}}{300 \text{ K}} + 0,2078 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot \ln \frac{0,1428 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{0,5667 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} =$$

$$\underline{3,36 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}}$$



2., Egy légturbinában adott állapotú levegő (mint ideális gáz) izentrópiusan expandál. Mennyi a turbina teljesítménye, ha a kinetikus és potenciális energia változása elhanyagolható? Mekkora az irreverzibilitásból származó fajlagos entrópia változás, ha a valóságos expanzió véghőmérséklete adott értékkel magasabb, mint izentrópiikus esetben?

Adatok:

$$p_1 = 3 \text{ bar}$$

$$t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{C} = 423 \text{ K}$$

$$P = ?$$

$$\dot{m} = 14 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$s_2 - s_1 = ?$$

$$p_2 = 1 \text{ bar}$$

$$\kappa = 1,4$$

$$c_{p0} = 1,004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\Delta t = 16 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$M = 29 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$R_0 = 8,3147 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$$

$$p_1 v_1^\kappa = p_2 v_2^\kappa \quad \Rightarrow \quad \frac{v_2}{v_1} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = 2,1915$$

$$p_1 v_1 = \frac{R_0}{M} \cdot T_1 \quad \Rightarrow \quad v_1 = \frac{R T_1}{p_1} = \frac{8,3147 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}} \cdot 423 \text{ K}}{3 \text{ bar}} = 121,279 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v_2 = 2,1915 \cdot v_1 = 265,783 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$w_{t12} = \frac{p_1 \cdot v_1}{\kappa - 1} \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right] = \frac{3 \text{ bar} \cdot 121,279 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}{1,4 - 1} \left[ \left( \frac{1 \text{ bar}}{3 \text{ bar}} \right)^{\frac{1,4 - 1}{1,4}} - 1 \right] = -32,67 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\underline{P} = w_{t120} \cdot \dot{m} = -32,67 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 14 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = -457,415 \text{ kW}$$

$$T_1 p_1^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = T_2 p_2^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \quad \Rightarrow \quad T_2 = T_1 \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{-\kappa}{\kappa}} = 423 \text{ K} \left( \frac{3 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} \right)^{\frac{1-1,4}{1,4}} = 309,05 \text{ K}$$

$$T_2' = T_2 + \Delta T = 309,05 \text{ K} + 16 \text{ K} = 325,05 \text{ K}$$

$$\Delta s_{irr} = C_n \cdot \ln \frac{T_2'}{T_1} \quad C_n = C_{p0}$$

$$\underline{s_2 - s_1} = \Delta s_{irr} = 1,004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot \ln \frac{325,05 \text{ K}}{423 \text{ K}} = -0,2644 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

3., Egy centrifugálkompresszorban adott állapotú ideális gázt komprimálnak. A nyomásviszony  $\pi = \frac{p_2}{p_1} = 4$ , a kilépő hőmérséklet  $t_2 = 177 \text{ }^\circ\text{C}$ . A gáz a

kompresszorba „ $c_1$ ” sebességgel lép be és ez az érték a kilépéskor „ $c_2$ ” sebességre csökken. Mennyi a kompresszor hajtásához szükséges teljesítmény? Mennyi a kompresszor izentrópikus hatásfoka?

Adatok:

$$p_1 = 1,01 \text{ bar}$$

$$t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad T_1 = 288 \text{ K}$$

$$\dot{m} = 9 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad p_2 = 4 \cdot p_1 = 4,04 \text{ bar}$$

$$t_2 = 177 \text{ }^\circ\text{C} \quad \Rightarrow \quad T_2 = 450 \text{ K}$$

$$\kappa = 1,4 \quad c_1 = 120 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad c_2 = 60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$R = 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} \quad c_p = R + c_v \quad \Rightarrow \quad c_v = \frac{R}{\kappa - 1} = \frac{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}}{1,4 - 1} = 0,7175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$\begin{aligned} w_{t12} &= h_2 - h_1 + \frac{c_1^2 - c_2^2}{2} = \\ &= c_v (T_2 - T_1) + \frac{c_1^2 + c_2^2}{2} = 0,7175 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \cdot (450 \text{ K} - 288 \text{ K}) + \frac{120^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + 60^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = \\ &= 5516,235 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

$$\underline{P} = \dot{m} \cdot w_{t12} = 9 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 5516,235 \frac{\text{J}}{\text{kg}} = \underline{49646,11 \text{ W}}$$

$$\frac{T_2'}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \quad \Rightarrow \quad T_2' = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 288 \text{ K} \left(\frac{4,04 \text{ bar}}{1,01 \text{ bar}}\right)^{1,4-1} = 427,96 \text{ K}$$

$$\underline{\eta}_{iz,k} = \frac{T_2' - T_1}{T_2 - T_1} = \frac{427,96 \text{ K} - 288 \text{ K}}{450 \text{ K} - 288 \text{ K}} = \underline{0,8640}$$

4., Egy adott méretű vízszintes csővezetékben áramló fűtőolaj térfogatárama  $Q=10 \frac{m^3}{h}$ . Mekkora nyomáskülönbség szükséges az olaj szállításához?

Adatok:

$$D=50 \text{ mm}=0,05 \text{ m}$$

$$L=1 \text{ km}=1000 \text{ m}$$

$$\dot{v} = Q = 10 \frac{m^3}{h}$$

$$\nu = 40 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

$$\rho = 900 \frac{kg}{m^3}$$

$$p_1 - p_2 = ?$$

$$V = \frac{Q \cdot 4}{D^2 \cdot \pi} = \frac{2,77 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s} \cdot 4}{0,05^2 \text{ mm}^2 \cdot \pi} = 1,41 \frac{m}{s} \quad R_{eD} = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{1,41 \frac{m}{s} \cdot 0,05 \text{ m}}{40 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 1762,5$$

$$\lambda = \frac{64}{R_{eD}} = \frac{64}{1762,5} = 5,8 \cdot 10^{-3}$$

$$w_{12s} = \frac{L V^2}{D} \cdot \lambda = \frac{1000 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \cdot \frac{1,41^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2} \cdot 5,8 \cdot 10^{-3} = 715,72 \text{ kJ}$$

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + w_{12s} \quad (v_1 \cong v_2) \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \underline{\Delta p = p_1 - p_2} = \rho \cdot w_{12s} = 900 \frac{kg}{m^3} \cdot 715,72 \text{ kJ} = \underline{644148 \text{ Pa} = 0,64 \text{ MPa}}$$

5., Egy adiabatikus gőzturbinában adott állapotú túlhevített gőz izentrópiusan expandál. Mennyi a turbinából nyerhető fajlagos munka, ha a kinetikus és potenciális energia változása elhanyagolható? Hogyan változik a fajlagos munka, ha a gőzt az expanzió előtt  $p_1 = 6$  bar nyomásra fojtják? (A fojtás utáni állapot is a túlhevített mezőben van!) Ábrázolja az állapotváltozásokat  $T - s$  és  $h - s$  diagramon!

Adatok:

$$p_1 = 14 \text{ bar}$$

$$p_2 = 0,05 \text{ bar}$$

$$p_1^* = 6 \text{ bar}$$

$$t_1 = 290 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 573 \text{ K}$$

$$t_1^* = 290 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow T_1^* = 563 \text{ K}$$

$$h_1 = 3036 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2' = 136 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2'' = 2560 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_1 = 6,96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$s_1^* = 7,34 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$s_2' = 0,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$s_2'' = 8,40 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$w_{12t} = ?$$

$$x = \frac{s_1 - s_2'}{s_2'' - s_2'} = \frac{6,96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} - 0,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}}{8,40 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} - 0,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}} = 0,8184$$

$$h_2 = h_2' + x(h_2'' - h_2') = 136 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0,8184 \left( 2560 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 136 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 2119,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

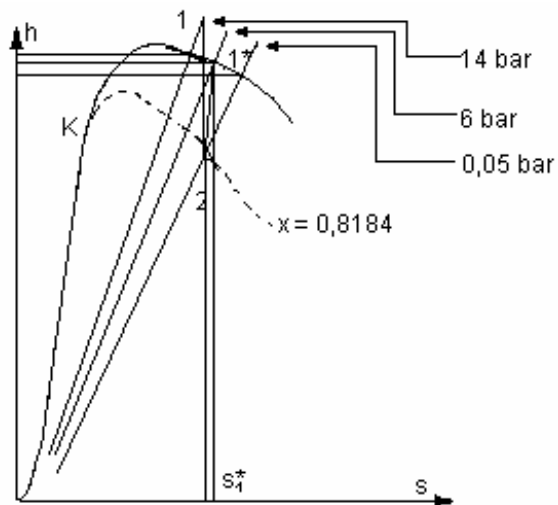
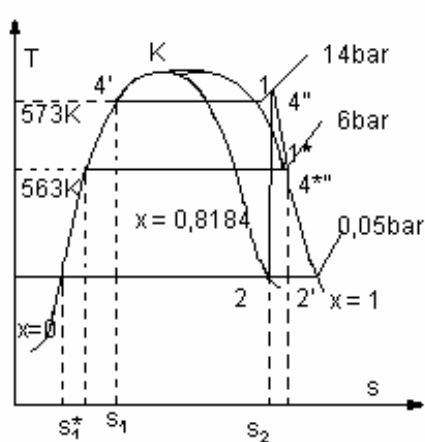
$$x^* = \frac{s_1^* - s_2'}{s_2'' - s_2'} = \frac{7,34 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} - 0,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{8,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} - 0,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}} = 0,866$$

$$h_1^* = h_2' + x^*(h_2'' - h_2') = 136 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0,866 \left( 2560 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 136 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 2235,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\underline{w_{12r}} = h_2 - h_1 = 2119,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3036 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = -916,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\underline{w_{12r}^*} = h_2 - h_1^* = 2119,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2235,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = -115,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Tehát csökken a fajlagos munka.



6., Egy Rankine-Clausius körfolyamatban a tápszivattyú munkáját elhanyagolva meghatározandó a termikus hatásfok, a munkaarány, és a közepes hő betáplálási hőmérséklet! Ábrázolja a körfolyamatot T – s, és h – s diagramon!

Adatok:

$$p_{2,5} = 42 \text{ bar}$$

$$t_{2,5} = 500 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_1 = 773 \text{ K}$$

$$p_0 = 0,035 \text{ bar}$$

$$h_2 - h_1 = 0$$

$$h_5 = 3442,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_5 = 7,066 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$h_0' = 112 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_0'' = 2550 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$s_0' = 0,391 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$s_0'' = 8,5211 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$\eta_t = ? \quad r_w = ? \quad T_k = ?$$

$$q_{be} = q_{2,5} = h_5 - h_2 = h_5 - h_0' = 3442,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 112 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 3330,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$x_6 = \frac{s_5 - s_0'}{s_0'' - s_0'} = \frac{7,066 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} - 0,391 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}}{8,5211 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} - 0,391 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}} = 0,821$$

$$h_6' = h_0' + x_6 (h_0'' - h_0') = 112 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0,821 \left( 2550 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 112 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 2113,598 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_t = h_6' - h_5 = 2113,598 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3442,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = -1329 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_t = 1 - \frac{|q_{ev}|}{q_{be}} = 1 - \frac{h'_6 - h_1}{h_5 - h'_2} = -\frac{w_t}{q_{be}} = -\frac{-1329 \frac{kJ}{kg}}{3330,6 \frac{kJ}{kg}} = 0,399 \approx 40 \%$$

$$\frac{T_k}{T_3} = \frac{h_5 - h'_2}{s_5 - s_2} = \frac{3442,6 \frac{kJ}{kg} - 112 \frac{kJ}{kg}}{7,066 \frac{kJ}{kgK} - 0,391 \frac{kJ}{kgK}} = 498,966 K$$

$$\eta_t = 0,399 = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \Rightarrow \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - 0,399 \quad \varepsilon^{k-1} = 1,6639$$

$$\eta_{tr} = 1 - \frac{T_1}{T_3} \varepsilon^{k-1} \quad T_1 = T_3 = 773 K \quad \Rightarrow$$

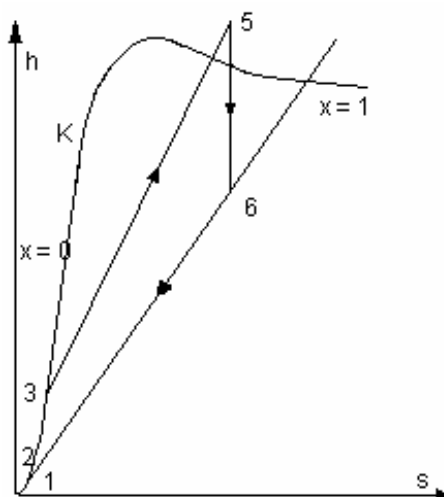
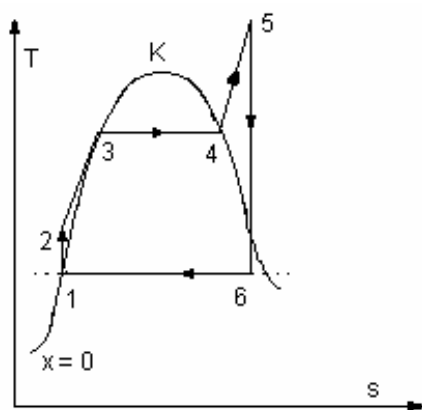
$$\Rightarrow \eta_{tr} = 1 - \varepsilon^{k-1} = 1 - 1,6639 = -0,6639 = r_w$$

1-3  $\Rightarrow$  izentrópikus kompresszió

4-5  $\Rightarrow$  izobár hőközlés

5-6  $\Rightarrow$  izentrópikus expanzió

6-1  $\Rightarrow$  izobár hőelvonás



7., Vázlat segítségével mutassa be a Pitot-cső és a Prandtl-cső közötti különbséget és ismertesse a két mérőeszköz alkalmazási területeit!

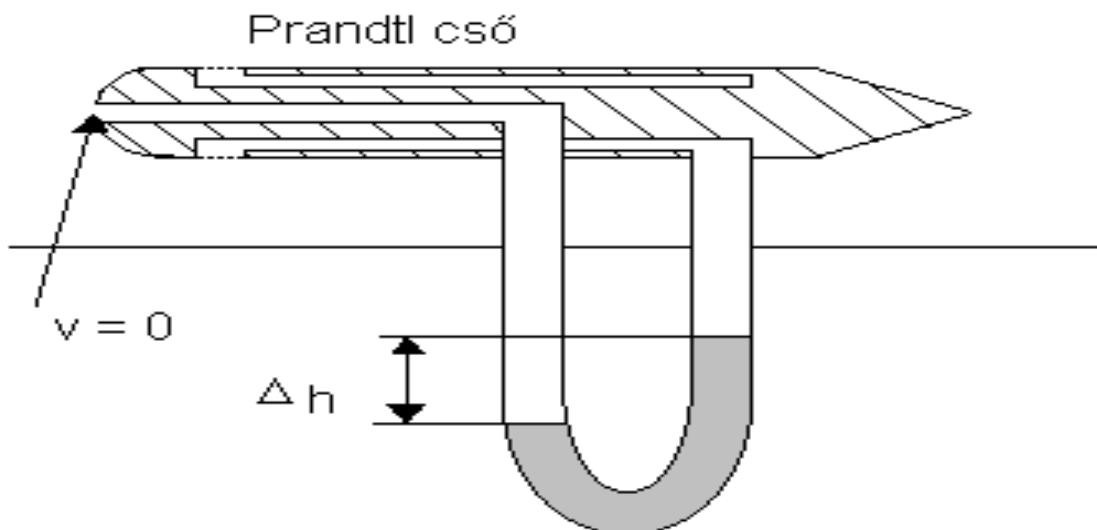
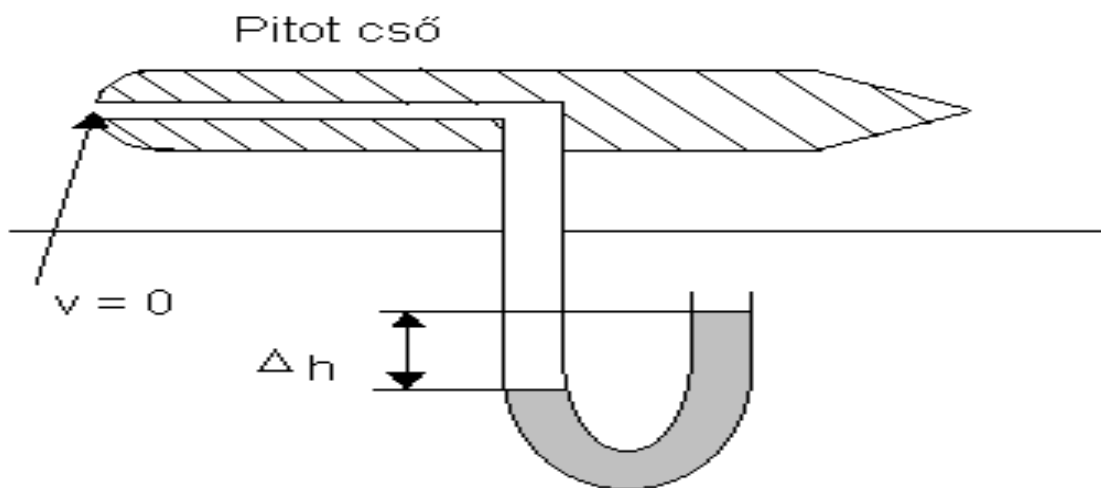
Mindkét mérőeszköz áramlási sebesség mérésére használható, kb.  $4 \frac{m}{s}$  fölötti sebesség esetén.

A Pitot-cső csak szabad áramlás esetén használható, tehát ahol  $P_0$  környezeti nyomás uralkodik mind az áramló közegnél, mind a mérőcsőben lévő mérőfolyadék felülete felett.

A Prandtl-cső a Pitot-cső „továbbfejlesztett” változata.

Mivel megoldottá vált a nyomáskiegyenlítés, ezért ez már alkalmas csövekben, vezetékben való áramlási sebesség mérésére is.

$$\frac{p_0}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \frac{p_T}{\rho} \quad \Rightarrow \quad v_{\text{áramlási}} = \sqrt{\frac{2(p_T - p_0)}{\rho}} = \sqrt{2gh \left( \frac{\rho_{\text{mérő}}}{\rho_{\text{méréndő}}} - 1 \right)} = \sqrt{2\rho_{\text{mérő}} \Delta h}$$



**8., Beépítési vázlat segítségével ismertesse a csőben áramló folyadék térfogatáramának Venturi-cső segítségével történő mérését!**

A Venturi-cső tulajdonképpen egy olyan csőszakasz, amely két szakaszra van osztva. Az első szakasz konfúzorként, a második szakasz diffúzorként szolgál.

A normál méretű csőszakasz és a szűkített (legszűkebb keresztmetszet) keresztmetszet közötti nyomáskülönbség mérhető egy differenciálmánométerrel, majd a térfogatáram számítható.

A Bernoulli-egyenlet és a kontinuitási egyenlet segítségével „ $v_2$ ” sebességre kapunk összefüggést, melyből a csővezeték „ $Q$ ” térfogatárama kiszámítható.

A Bernoulli-egyenlet:

$$g z_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = g z_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2}$$

A kontinuitási egyenlet:

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad \Rightarrow$$

$$p_1 - p_2 = g \rho (z_2 - z_1) + \rho \frac{v_2^2}{2} \left[ 1 - \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]$$

$$\mu = \frac{A_2}{A_1}$$

$$Q = v_2 \cdot A_2 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \mu^2}} \sqrt{2 \left( \frac{p_1 - p_2}{\rho} - g \Delta z \right)}$$

Ha a Venturi-cső vízszintesen van beépítve, akkor a térfogatáram képlete:

$$Q = v_2 \cdot A_2 = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \mu^2}} \sqrt{2 \left( \frac{p_1 - p_2}{\rho} \right)}$$

Ha a Venturi-cső U-csöves manométerrel van szerelve (mint a mellékelt rajzon), akkor a térfogatáram képlete:

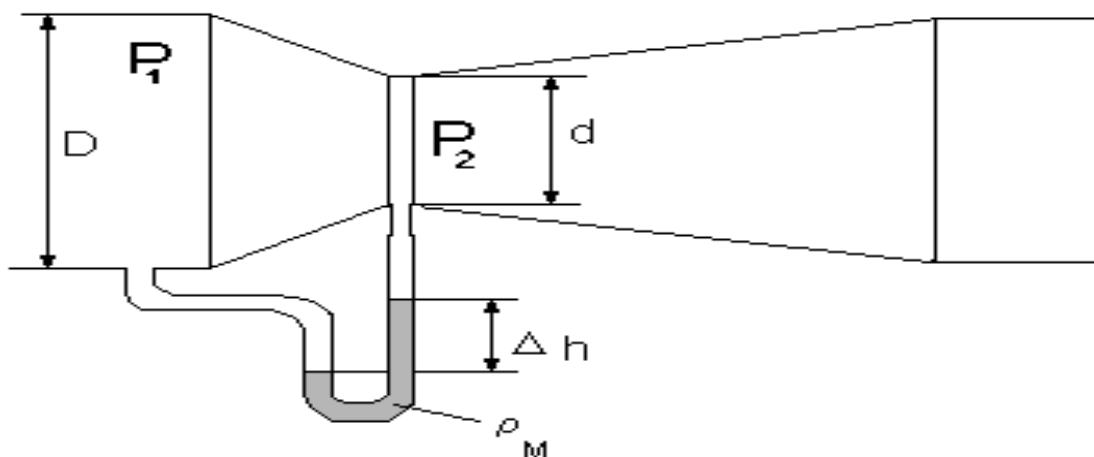
$$Q = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \mu^2}} \sqrt{2g \left( \frac{\rho_{\text{mérő}}}{\rho_{\text{méréndő}}} - 1 \right) \cdot \Delta h}$$

A pontos mérések érdekében a Venturi-csövet kalibrálni kell!!!

A csőben a keresztmetszet változás mindig okoz nyomásvesztést.

Mivel a keresztmetszet csökkenés kisebb veszteséget okoz mint a keresztmetszet bővülés, ezért a mérőeszköz bekötését mindig a konfuzorszakaszt közrefogva kell eszközölni

Vízszintes elrendezésű Venturi-cső, „U”- csöves manométerrel.



Tiszaújváros 2000-11-17

---

Kovács Balázs