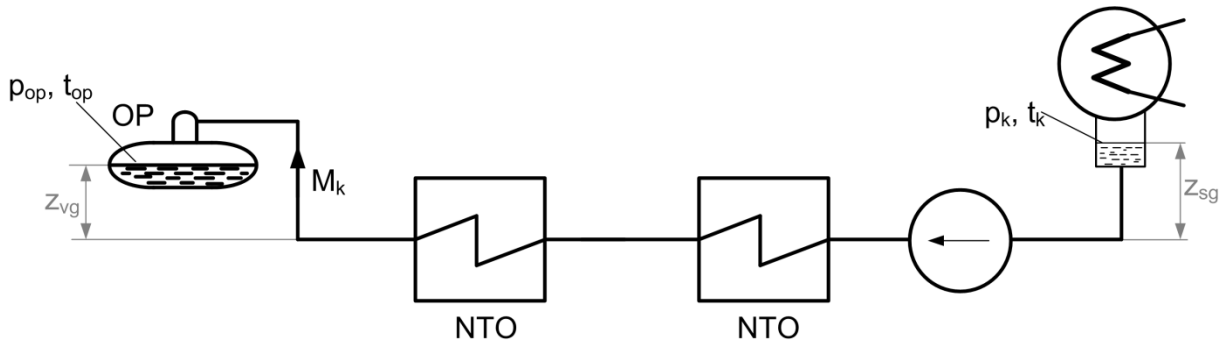


### Příklad 1: Čerpadlo kondenzátu (kondenzátka)

Vypočítejte příkon kondenzátky, která čerpá hmotnostní průtok napájecí vody  $\dot{m}_{nv} = 100 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$  z kondenzátoru (tlak  $p_k = 4 \text{ kPa}$ ) přes dva nízkotlaké regenerační ohříváky (NTO) do odplyňováku ( $p_{op} = 0,16 \text{ MPa}$ ). Uvažujte ztrátové měrné energie každého z NTO  $Y_{z\text{NTO}} = 80 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ , potrubí a armatur  $Y_{zp} = 130 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  a vstupu do odplyňováku  $Y_{z\text{op}} = 90 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Rezervu měrné energie čerpadla uvažujte 20 %. Geodetická výška čerpadla  $z_{sg} = -3 \text{ m}$ ,  $z_{vg} = 25 \text{ m}$ . Účinnost čerpadla  $\eta_\zeta = 0,74$ .

#### Řešení:

Schéma zapojení je na obrázku.



Tlaku v kondenzátoru  $p_k = 4 \text{ kPa}$  odpovídá na mezi sytosti teplota kondenzátu  $t_k = 28,5^\circ\text{C}$  a jeho hustota  $\rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Měrná energie čerpacího zařízení

$$Y_a = g \cdot (z_{sg} + z_{vg}) + Y_{zp} + Y_{z\text{op}} + 2 \cdot Y_{z\text{NTO}} + \frac{p_{op} - p_k}{\rho}$$

$$= 9,81 \cdot (-3 + 25) + 130 + 90 + 2 \cdot 80 + \frac{(1,6 - 0,04) \cdot 10^5}{10^3} = 751,82 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Měrná energie kondenzátky s danou rezervou

$$Y = 1,2 \cdot Y_a = 1,2 \cdot 751,82 = 902,2 \text{ J} \cdot \text{kg}$$

Průtok kondenzátu

$$Q = \frac{\dot{m}_{nv}}{3600 \cdot \rho_{op}} = \frac{100 \cdot 10^3}{3600 \cdot 10^3} = 0,028 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Příkon kondenzátky:

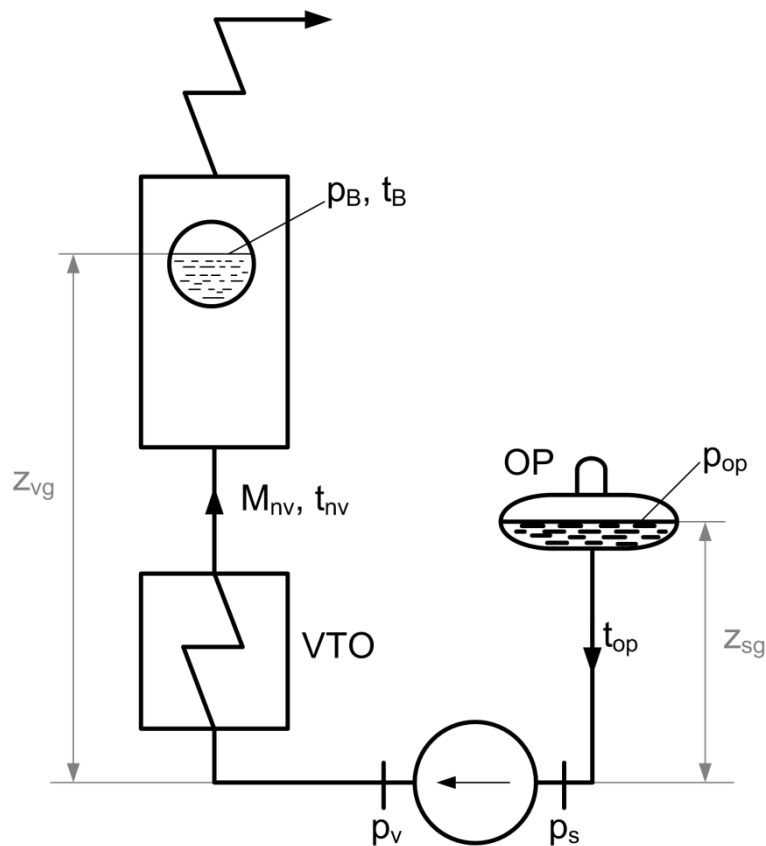
$$P = Q \cdot Y \cdot \rho \cdot \frac{1}{\eta_\zeta} = 0,028 \cdot 902 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{0,74} = 34,14 \cdot 10^3 \text{ W}$$

### Příklad 2: Čerpadlo napájecí vody (napáječka)

Vypočtete orientačně příkon napáječky, která čerpá hmotnostní průtok napájecí vody  $\dot{m}_{nv} = 150 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$  z odplynováku (tlak  $p_{op} = 0,16 \text{ MPa}$ ) přes vysokotlaký regenerační ohřívák do kotle (tlak v bubnu  $p_B = 9,3 \text{ MPa}$ ). Uvažujte při výpočtu 20 % rezervu průtoku a 25 % rezervu měrné energie čerpadla. Ztrátové měrné energie – kotle  $Y_{z \text{ kot}} = 140 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ , VTO  $Y_{z \text{ VTO}} = 90 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ , potrubí a armatur  $Y_{zp} = 120 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Nátoková geodetická výška čerpadla  $z_{sg} = -17 \text{ m}$ , výtlačná geodetická výška  $z_{vg} = 27 \text{ m}$ . Účinnost čerpadla volte  $\eta_c = 0,76$ . Teplota napájecí vody  $t_{nv} = 190^\circ\text{C}$ .

### Řešení:

Zapojení napáječky do systému je na obrázku:



S ohledem na velké rozdíly teplot čerpané vody, nelze považovat hustotu čerpané vody za konstantní po celé trase od čerpadla po bubnu kotle.

Tlaku v odplynováku  $p_{op} = 0,16 \text{ MPa}$  odpovídá v parních tabulkách vody na mezi sytosti teplota  $t_{op} = 113^\circ\text{C}$  a hustota  $\rho_{op} = 949 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Velký rozdíl teplot vody ve výtlačku napáječky lze zjednodušeně respektovat střední teplotou, tj. aritmetickým průměrem teplot vody v bubnu (při tlaku  $p_B = 9,3 \text{ MPa}$  je  $t_B = 305^\circ\text{C}$ ) a v odplynováku:

$$t_{stř} = \frac{t_B + t_{NTO}}{2} = \frac{305 + 113}{2} = 209^\circ\text{C}$$

Střední teplotě vody odpovídá i střední hustota napájecí vody  $\rho_{stř} = 853 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

S ohledem na zmíněné značné rozdíly teplot je vhodné při zjišťování měrné energie čerpacího zařízení vycházet z rozdílu tlaků v hrdlech napáječky. Tlak ve výtlačném hrdle

$$p_v = p_B + \rho_{stř} \cdot (g \cdot z_{vg} + Y_{z_{kot}} + Y_{z_{VTO}} + Y_{zp}) = 93 \cdot 10^5 + 853 \cdot (9,81 \cdot 27 + 140 + 90 + 120) \\ = 98,245 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Tlak v sacím hrdle napáječky a hledaný rozdíl tlaků

$$p_s = p_{op} - \rho_{op} \cdot z_{sg} \cdot g = 1,6 \cdot 10^5 - 949 \cdot (-17) \cdot 9,81 = 3,183 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ \Delta p = p_v - p_s = 98,245 \cdot 10^5 - 3,183 \cdot 10^5 = 95,062 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Měrná energie čerpacího zařízení (systému):  $Y_a = \frac{\Delta p}{\rho_{op}} = \frac{95,062 \cdot 10^5}{949} = 10017,1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Měrná energie napáječky s 25 % rezervou:  $Y = 1,25 \cdot Y_a = 1,25 \cdot 10017,1 = 12251,4 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Objemový průtok napájecí vody čerpadlem s 20 % rezervou:

$$Q = \frac{1,2 \cdot \dot{m}_{nv}}{3600 \cdot \rho_{op}} = \frac{1,2 \cdot 150 \cdot 10^3}{3600 \cdot 949} = 0,0525 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Předběžný příkon napáječky:

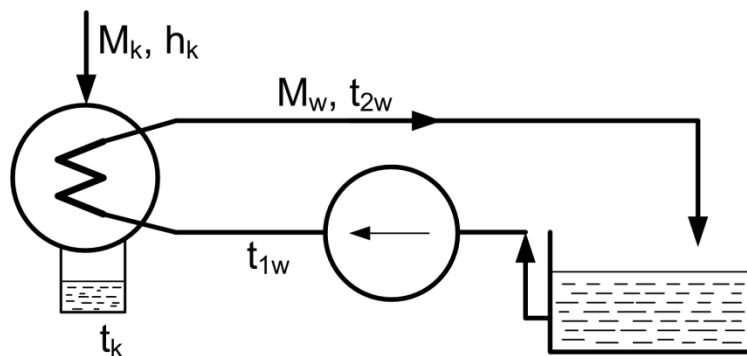
$$P = Q \cdot Y \cdot \rho_{op} \cdot \frac{1}{\eta_{\zeta}} = 0,0525 \cdot 12251,4 \cdot 949 \cdot \frac{1}{0,76} = 820,85 \cdot 10^3 \text{ W}$$

### Příklad 3: Čerpadlo chladicí vody (chladička)

Vypočtete příkon chladičky, která při průtočném chlazení a dovoleném oteplení  $\Delta t_w = 8^\circ\text{C}$  čerpá vodu do kondenzátoru parní turbíny. Hmotnostní průtok kondenzující páry je  $\dot{m}_k = 10^5 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ , tlak v kondenzátoru  $p_k = 4 \text{ kPa}$  a entalpie kondenzující páry  $h_k = 2320 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Čerpací stanice je od kondenzátoru vzdálena 500 m, chladicí voda se čerpá potrubím o průměru 1 m ( $\lambda = 0,03$ ), geodetická výška je  $z_g = 5 \text{ m}$  a účinnost čerpadla  $\eta_c = 0,8$ . Ztráty při průtoku kondenzátorem uvažujte  $Y_{zk} = 120 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ , ztráty při průtoku přiváděcím potrubím stanovte výpočtem.

#### Řešení:

Schéma je na následujícím obrázku.



Průtok chladicí vody se stanoví z energetické bilance kondenzátoru. Tlaku  $p_k = 4 \text{ kPa}$  odpovídá na mezi sytosti teplota kondenzátu  $t_k = 28,5^\circ\text{C}$  a hustota  $\rho = 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Dovolené oteplení chladicí vody  $\Delta t_w = 8^\circ\text{C} = t_{2w} - t_{1w}$ .

$$\dot{m}_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w = \dot{m}_k \cdot (h_k - c_w \cdot t_k)$$

$$\dot{m}_w = \frac{\dot{m}_k \cdot (h_k - c_w \cdot t_k)}{c_w \cdot \Delta t_w} = \frac{10^5 \cdot (2320 - 4,18 \cdot 28,5)}{4,18 \cdot 8} = 65,8 \cdot 10^5 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Objemový průtok chladicí vody:

$$Q_w = \frac{\dot{m}_w}{3600 \cdot \rho} = \frac{65,8 \cdot 10^5}{3600 \cdot 10^3} = 1,83 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Ztrátová měrná energie smyčky potrubí délky  $2 \times 500 = 1000 \text{ m}$  je při rychlosti protékající vody

$$v_w = \frac{Q_w}{S} = \frac{4 \cdot Q_w}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 1,83}{\pi \cdot 1^2} = 2,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Y_{zp} = \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v_w^2}{2} = 0,03 \cdot \frac{1000}{1} \cdot \frac{2,33^2}{2} = 81,4 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Měrná energie chladičky:  $Y = Y_a = g \cdot z_g + Y_{zp} + Y_{zk} = 9,81 \cdot 5 + 81,4 + 120 = 250,45 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Předběžný příkon napáječky:

$$P = Q_w \cdot Y \cdot \rho \cdot \frac{1}{\eta_c} = 250,45 \cdot 1,83 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{0,8} = 572,9 \cdot 10^3 \text{ W}$$