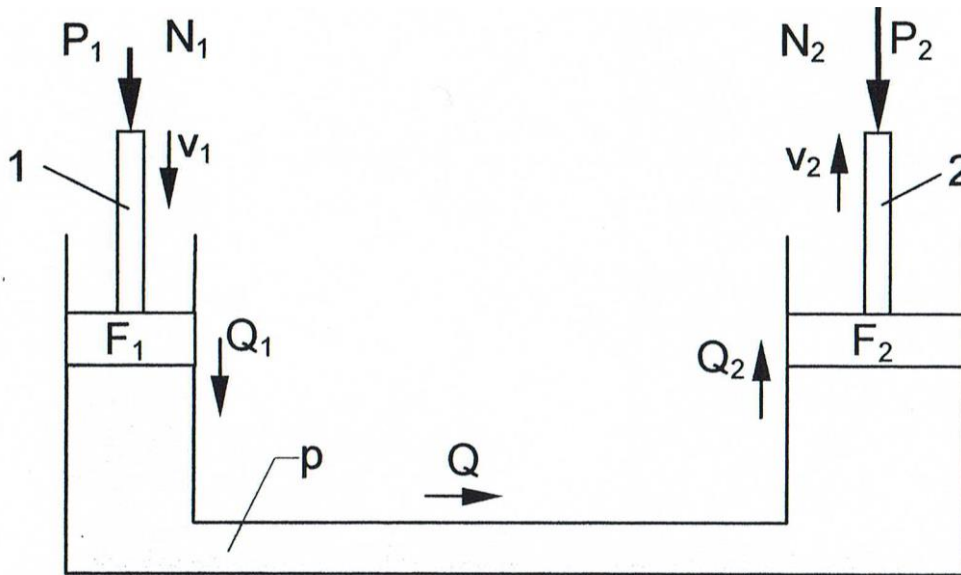


Własności napędów hydrostatycznych

1. Łatwa transmisja mocy.
2. Duża dowolność usytuowania elementu napędzającego i pędzonego pompy i silnika.
3. Możliwość wywierania sił i momentów obrotowych o dużych wartościach.
4. Łatwość zmiany kierunku ruchu silnika hydraulicznego.
5. Łatwość uzyskania płynnego sterowania prędkością ruchu.
6. Możliwość zamiany funkcji elementów hydrostatycznych (pompa – silnik) i związana z tym możliwość zmiany kierunku przepływu mocy.

Zasada działania liniowego napędu hydrostatycznego - układ idealny



Schemat idealnego, liniowego napędu hydrostatycznego

$$p = \frac{P_2}{F_2} \quad (1)$$

$$P_1 = p \cdot F_1 \quad (2)$$

$$i_d = \frac{P_2}{P_1} = \frac{F_2}{F_1} \quad (3)$$

$$Q_1 = F_1 \cdot v_1 = Q_2 = F_2 \cdot v_2 = Q \quad (4)$$

$$i_k = \frac{v_1}{v_2} = \frac{F_2}{F_1} = i_d = i_F \quad (5)$$

$$N_1 = P_1 \cdot v_1 \quad (6)$$

$$N_1 = P_1 \cdot v_1 = p \cdot F_1 \cdot \frac{Q}{F_1} = p \cdot Q = \frac{P_2}{F_2} \cdot v_2 \cdot F_2 = P_2 \cdot v_2 = N_2 = N \quad (7)$$

$$N = P \cdot Q \quad (8)$$

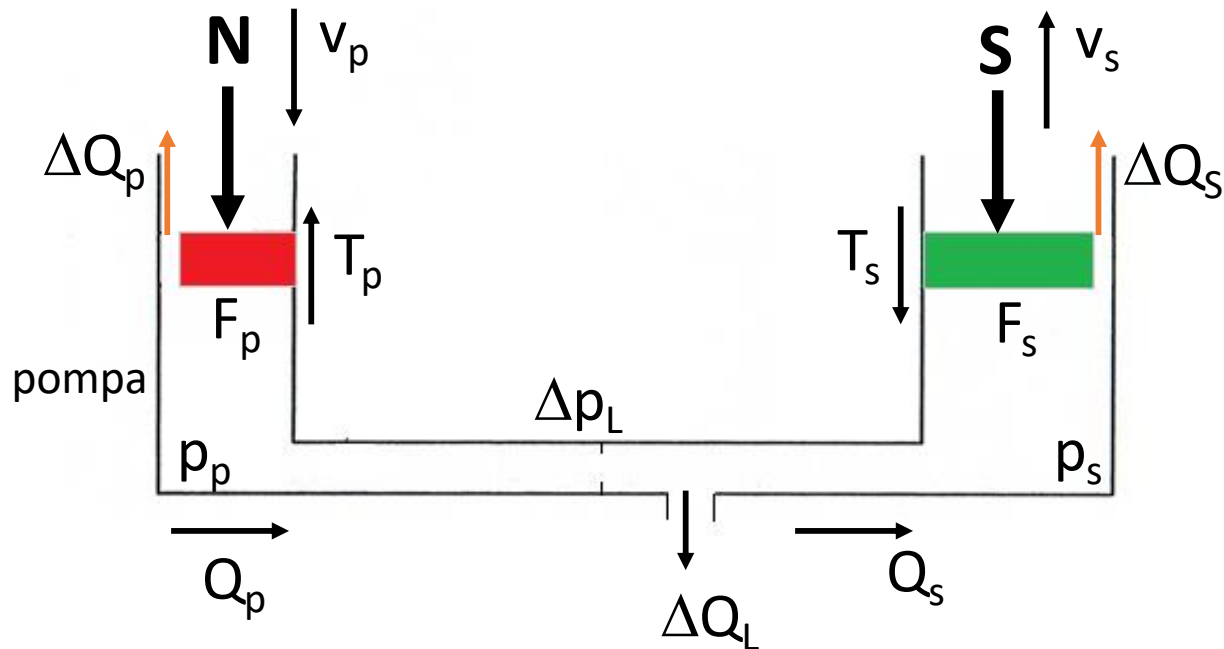
η_h – sprawność hydrauliczna, związana z oporami przepływu cieczy roboczej w kanałach elementów i przewodach,

$$\eta_h = \frac{p_{wy}}{p_{we}} = \frac{p_{we} - \Delta p}{p_{we}} = 1 - \frac{\Delta p}{p_{we}}$$

η_m – sprawność mechaniczna, związana z tarciem mechanicznym elementów,

η_{mh} – sprawność mechaniczno-hydrauliczna, stosowana dla elementów dla których trudno jest dokonać pomiaru poszczególnych rodzajów ww. sprawności,

η_v – sprawność objętościowa (wolumetryczna), związana z natężeniami przepływów w uszczelnieniach ruchowych elementów hydraulicznych zwanych również przeciekami wewnętrznymi.



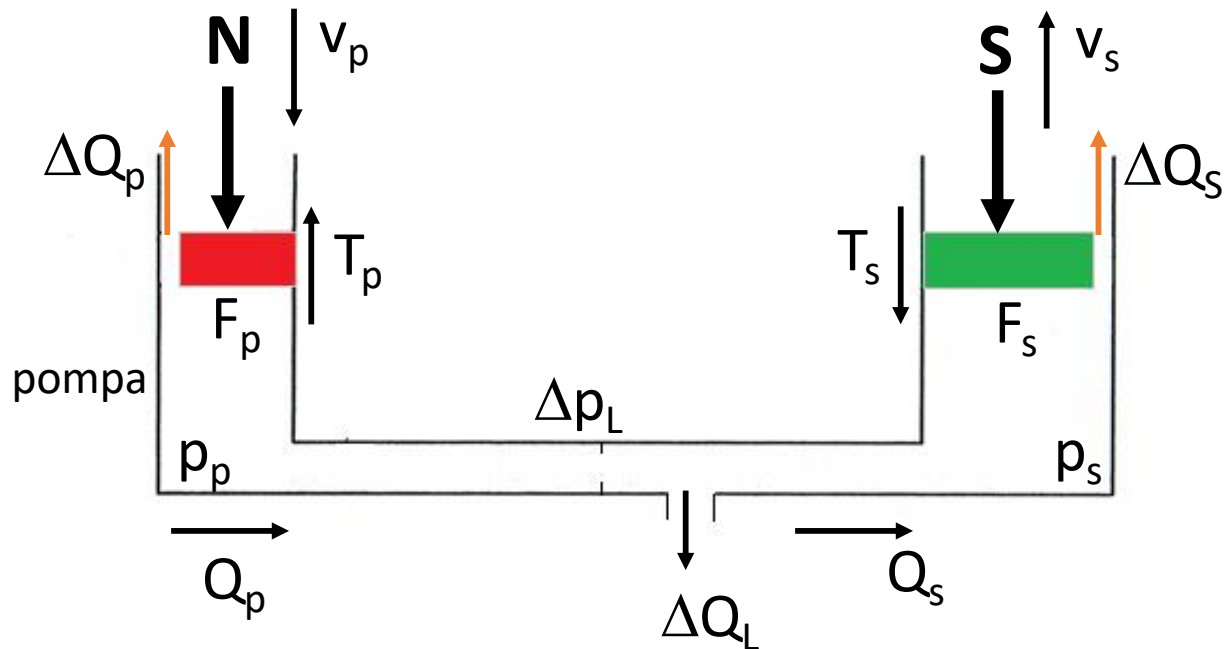
W torze dynamicznym

- Sprawność mechaniczno-hydrauliczna POMPY

$$\eta_{mhp} = \frac{N - T_p}{N} \quad p_p = \frac{N - T_p}{F_p} \quad \Rightarrow \quad \eta_{mhp} = \frac{p_p \cdot F_p}{N}$$

- Sprawność mechaniczno-hydrauliczna SILNIKA

$$\eta_{mhs} = \frac{S}{S + T_s} \quad p_s = \frac{S + T_s}{F_s} \quad \Rightarrow \quad \eta_{mhs} = \frac{S}{p_s \cdot F_s}$$



W torze dynamicznym

- Sprawność hydrauliczna LINII

$$\eta_{hl} = \frac{p_s}{p_s + \Delta p_L} \quad p_p = p_s + \Delta p_L \quad \Rightarrow \quad \eta_{hl} = \frac{p_s}{p_p}$$

$$p_p = p_s + \Delta p_L \qquad p_p = \frac{N - T_p}{F_p} \qquad p_s = \frac{S + T_s}{F_s}$$

$$\frac{N - T_p}{F_p} = \frac{S + T_s}{F_s} + \Delta p_L \quad / \cdot F_p$$

$$N - T_p = (S + T_s) \cdot \frac{F_p}{F_s} + \Delta p_L \cdot F_p$$

$$N = (S + T_s) \cdot \frac{F_p}{F_s} + \Delta p_L \cdot F_p + T_p$$

$$\text{Skoro } \eta_{mhp} = \frac{N - T_p}{N} \Rightarrow T_p = N \cdot (1 - \eta_{mhp})$$

$$\text{Skoro } \eta_{mhs} = \frac{S}{S + T_s} \Rightarrow T_s = S \cdot \left(\frac{1}{\eta_{mhs}} - 1 \right)$$

$$\text{Skoro } \eta_{hl} = \frac{p_s}{p_s + \Delta p_L} \Rightarrow \Delta p_L = p_s \cdot \left(\frac{1}{\eta_{hl}} - 1 \right)$$

$$N = \left[S + S \cdot \left(\frac{1}{\eta_{mhs}} - 1 \right) \right] \cdot \frac{F_p}{F_s} + p_s \cdot \left(\frac{1}{\eta_{hl}} - 1 \right) \cdot F_p + N \cdot (1 - \eta_{mhp})$$

$$N = \left[S + S \cdot \left(\frac{1}{\eta_{mhs}} - 1 \right) \right] \cdot \frac{F_p}{F_s} + \frac{S + T_s}{F_s} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{hl}} - 1 \right) \cdot F_p + N \cdot (1 - \eta_{mhp})$$

$$\underline{N} = \left(\cancel{S} + \frac{S}{\eta_{mhs}} - \cancel{S} \right) \cdot \frac{F_p}{F_s} + \frac{\cancel{S} + \frac{S}{\eta_{mhs}} - \cancel{S}}{F_s} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{hl}} - 1 \right) \cdot F_p + \underline{N \cdot (1 - \eta_{mhp})}$$

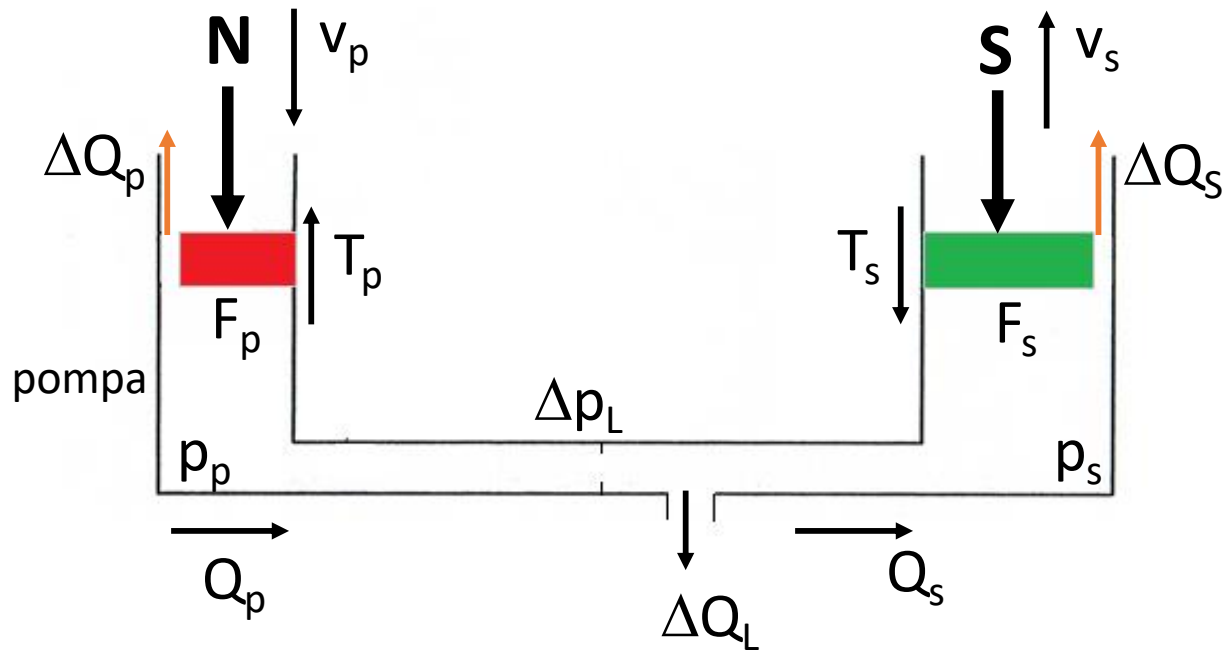
$$N - (N - N \cdot \eta_{mhp}) = \frac{S}{\eta_{mhs}} \cdot \frac{F_p}{F_s} + \frac{S}{\eta_{mhs}} \cdot \frac{F_p}{F_s} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{hl}} - 1 \right)$$

$$N - N + N \cdot \eta_{mhp} = \frac{S}{\eta_{mhs}} \cdot \frac{F_p}{F_s} \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta_{hl}} - 1 \right)$$

$$N - N + N \cdot \eta_{mhp} = \frac{S}{\eta_{mhs}} \cdot \frac{F_p}{F_s} \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta_{hl}} - 1 \right)$$

$$N \cdot \eta_{mhp} = S \cdot \frac{F_p}{F_s} \cdot \frac{1}{\eta_{mhs} \cdot \eta_{hl}}$$

$$N = S \cdot \frac{F_p}{F_s} \cdot \frac{1}{\eta_{mhs} \cdot \eta_{hl} \cdot \eta_{mhp}}$$



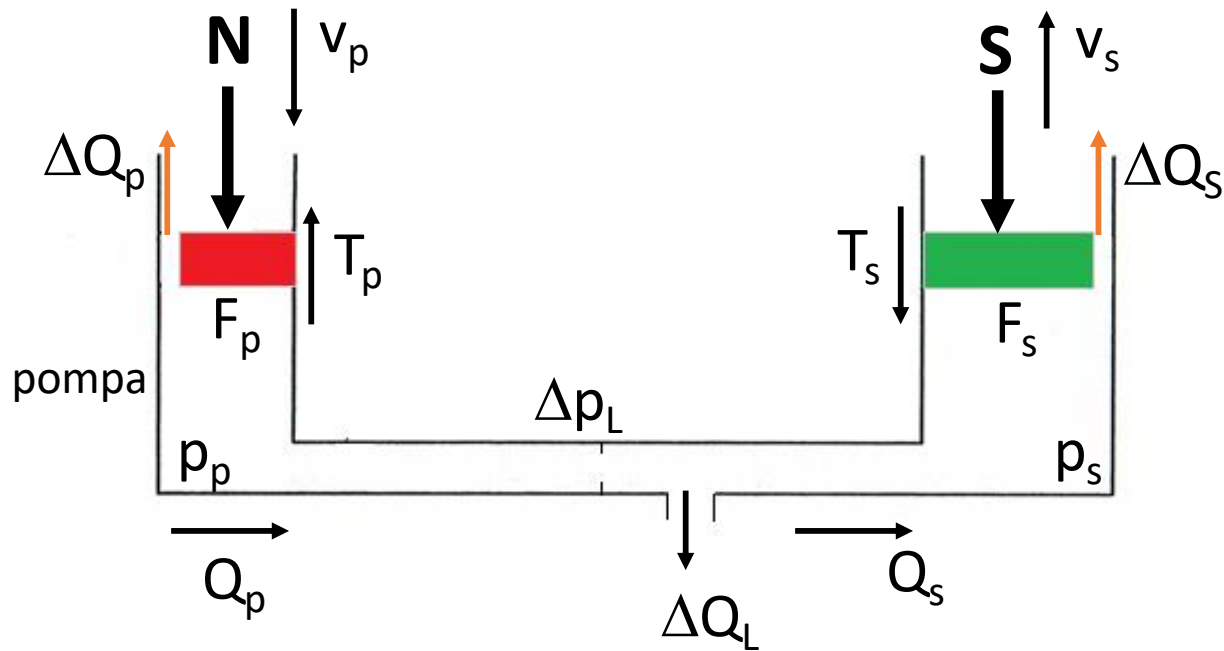
W torze kinematycznym

- Sprawność wolumetryczna POMPY

$$\eta_{vp} = \frac{Q_p}{Q_{pt}} = \frac{Q_{pt} - \Delta Q_p}{Q_{pt}} \quad Q_{pt} = v_p \cdot F_p$$

↓

$$\Delta Q_p = Q_{pt} \cdot (1 - \eta_{vp})$$

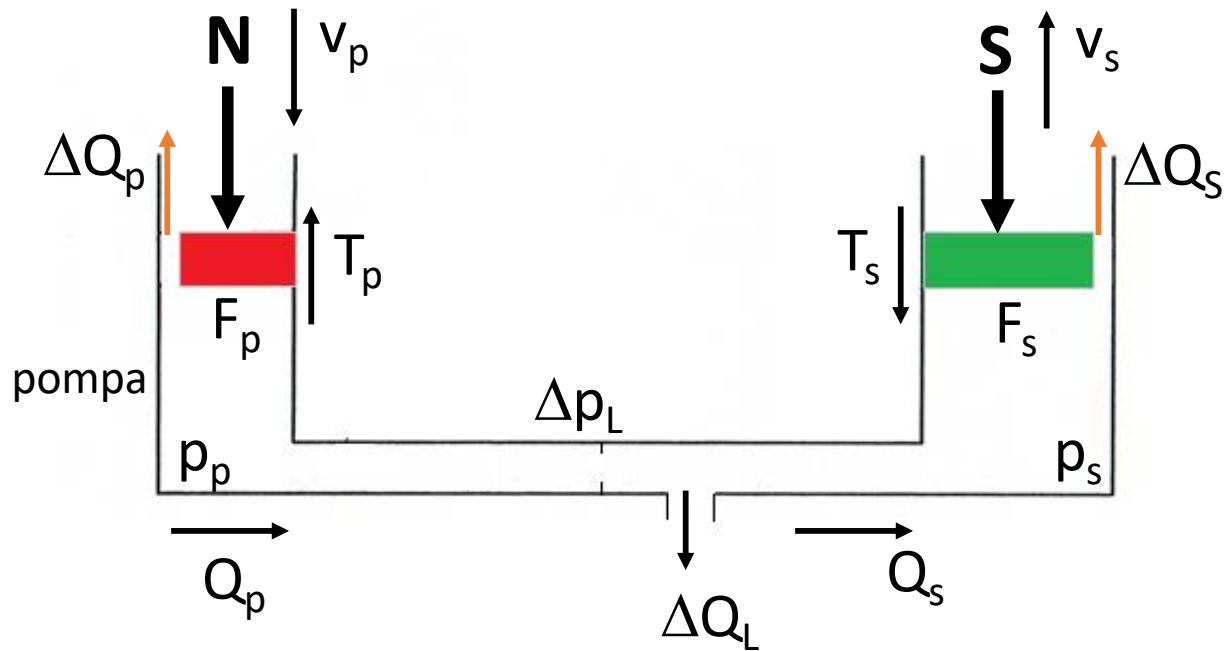


W torze kinematycznym

- Sprawność wolumetryczna SILNIKA

$$\eta_{vs} = \frac{Q_{st}}{Q_s} = \frac{Q_{st}}{Q_{st} + \Delta Q_s} \quad Q_{st} = v_s \cdot F_s$$

$$\Delta Q_s = Q_{st} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{vs}} - 1 \right)$$



W torze kinematycznym

- Sprawność wolumetryczna LINII

$$\eta_{vl} = \frac{Q_{pt} - \Delta Q_p - \Delta Q_l}{Q_{pt} - \Delta Q_p} = \frac{Q_{st}}{Q_{st} + \Delta Q_s}$$

↓

$$\Delta Q_l = Q_{pt} \cdot \eta_{vp} \cdot (1 - \eta_{vl})$$

- Równanie bilansu przepływu

$$Q_{pt} = Q_{st} + \Delta Q_p + \Delta Q_l + \Delta Q_s$$

$$v_p \cdot F_p = v_s \cdot F_s + \Delta Q_p + \Delta Q_l + \Delta Q_s$$

$$v_p = v_s \cdot \frac{F_s}{F_p} + \frac{\Delta Q_p + \Delta Q_l + \Delta Q_s}{F_p}$$

- Równanie bilansu przepływu

$$Q_{pt} = Q_{st} + \Delta Q_p + \Delta Q_l + \Delta Q_s$$

$$Q_{pt} = Q_{st} + Q_{pt} \cdot (1 - \eta_{vp}) + Q_{pt} \cdot \eta_{vp} \cdot (1 - \eta_{vl}) + Q_{st} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{vs}} - 1 \right)$$

$$Q_{pt}(1 - 1 + \eta_{vp} - \eta_{vp} + \eta_{vp} \cdot \eta_{vl}) = Q_{st} \cdot \left(1 + \frac{1}{\eta_{vs}} - 1 \right)$$

$$Q_{pt}(\eta_{vp} \cdot \eta_{vl}) = Q_{st} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{vs}} \right)$$

$$v_p \cdot F_p \cdot \eta_{vp} \cdot \eta_{vl} = v_s \cdot F_s \cdot \left(\frac{1}{\eta_{vs}} \right)$$

$$v_p = v_s \cdot \frac{F_s}{F_p} \cdot \frac{1}{\eta_{vs} \cdot \eta_{vp} \cdot \eta_{vl}}$$

ZADANIE

Wyznaczyć podstawowe parametry podnośnika hydraulicznego napędzanego ręcznie spełniającego następujące wymagania:

$$S = 16 \text{ kN}$$

udźwig

$$H = 0,2 \text{ m}$$

wysokość podnoszenia

$$p_n = 16 \text{ MPa}$$

nominalne ciśnienie robocze

Przyjmujemy do obliczeń:

$$R = 150 \text{ N}$$

siła ręki

$$a = 35 \text{ mm}$$

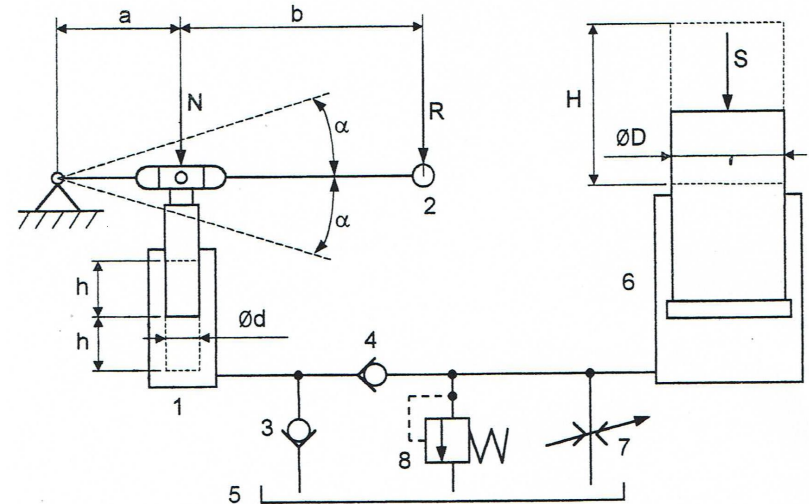
$$b = 35 \text{ mm}$$

$\eta_{mhp}, \eta_{mhs} = 0,95$ sprawności mechaniczno-hydrauliczne pompy i siłownika

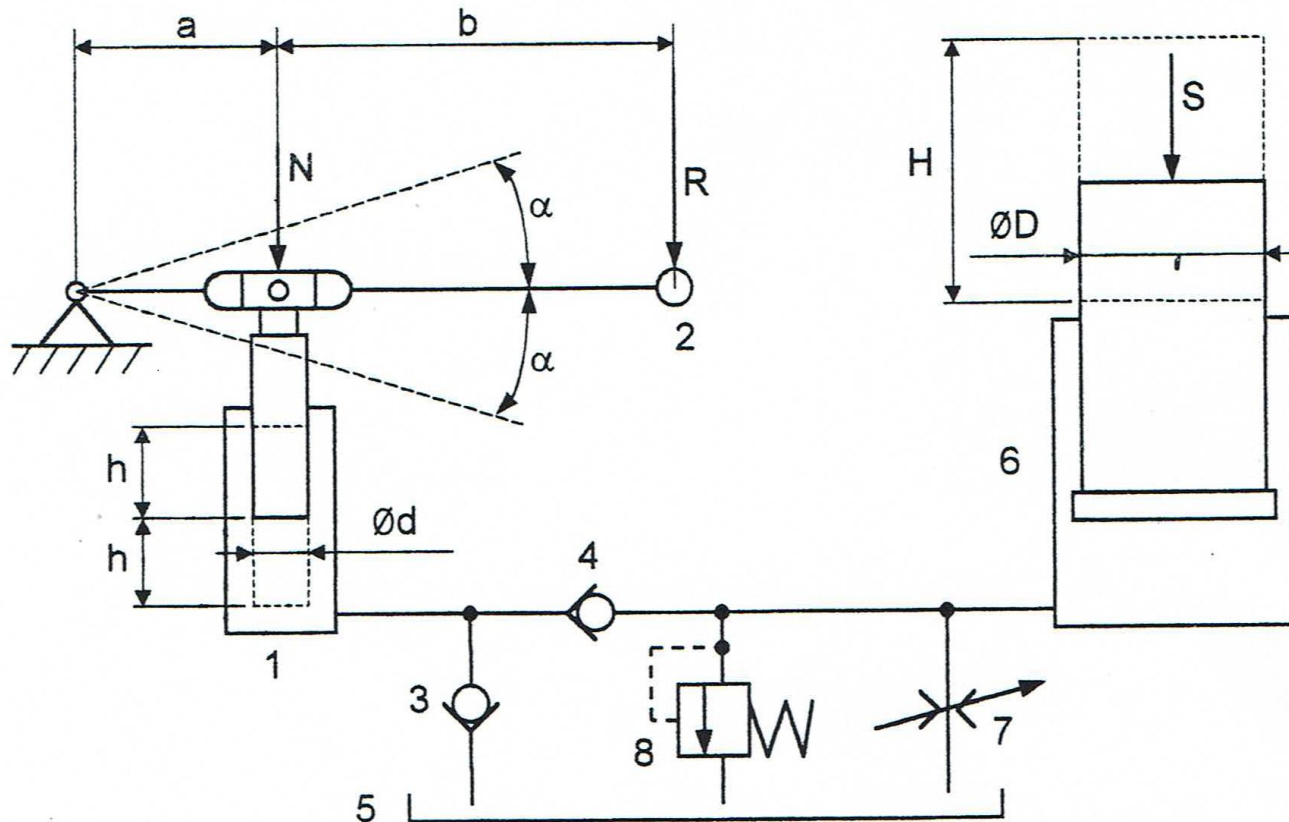
$\Delta_{pl} = 1 \text{ MPa}$ strata ciśnienia w linii

$$\eta_{vu} = 0,95$$

sprawność objętościowa całego układu



ZADANIE



- 1 – pompa tłoczkowa numikowa; 2 – dźwignia; 3 – zawór zwrotny ssący; 4 – zawór zwrotny tłoczny;
 5 – zbiornik cieczy roboczej; 6 – siłownik numikowy; 7 – zawór dławiący opuszczania; 8 – zawór ciśnieniowy przeciążenia

ZADANIE

Średnicę tłoczka pompy wyznaczmy z warunku równowagi w ruchu ustalonym

$$N = p_p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{1}{\eta_{mhp}}$$

Gdzie p_p – rzeczywiste ciśnienie na pompie w czasie podnoszenia – równe nominalnemu ciśnieniu roboczemu

N – siła działająca na tłoczek

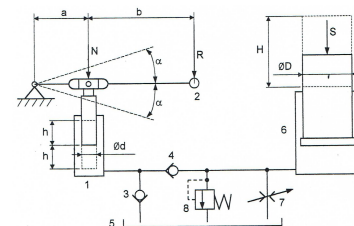
$$N = \frac{R \cdot (a + b)}{a} = \frac{150 \cdot (35 + 500)}{35} = 2300 \text{ N}$$

Stąd ostatecznie

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot N \cdot \eta_{mhp}}{\pi \cdot p_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2300 \cdot 0,95}{\pi \cdot 16}} = 13,1 \text{ mm}$$

$$p_n = p_p$$

Przyjmujemy średnicę $d = 13 \text{ mm}$



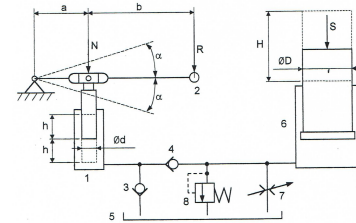
ZADANIE – c.d.

Średnicę siłownika obliczymy z warunku równowagi tłoka w ruchu ustalonym

$$S = p_s \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta_{mhs} = (p_n - \Delta_{pl}) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta_{mhs}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{(p_n - \Delta_{pl}) \cdot \pi \cdot \eta_{mhs}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16000}{(16 - 1) \cdot \pi \cdot 0,95}} = 37,8 \text{ mm}$$

Przyjmujemy średnicę $D = 38 \text{ mm}$



Sprawdzenie liczby cykli roboczych n pompki dla uzyskania pełnej wysokości podnoszenia

$$n = \frac{V_s}{V_p} \cdot \frac{1}{\eta_{vu}}$$

Gdzie:

V_p – wydajność jednostkowa pompy (pojemność skokowa tłoczka pompy)

V_s – pojemność skokowa siłownika

ZADANIE – c.d.

$$V_p = 2 \cdot h \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot a \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \cdot 35 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ \cdot \frac{\pi \cdot 13^2}{4} = 8506 \text{ mm}^3$$

$$V_s = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 200 \cdot \frac{\pi \cdot 38^2}{4} = 226823 \text{ mm}^3$$

ostatecznie:

$$n = \frac{226823}{8506} \cdot \frac{1}{0,9} \approx 30 \text{ cykli}$$

