

Mișcarea permanentă în conducte sub presiune

Conductele sunt sisteme hidraulice ce asigură transportul sub presiune al fluidului între două puncte cu sarcini energetice diferite.

Se deosebesc:

1. *Conducte scurte* la care pierderile de sarcină hidraulică sunt date de suma dintre pierderile distribuite și cele locale de pe parcurs.

2. *Conducte lungi* la care pierderile de sarcină hidraulică sunt date doar de pierderile distribuite, corectate prin adaos cu un procent de până la 5% dacă au mai multe elemente hidraulice montate pe traseu.

Exemple: magistralele de petrol și gaze, conductele de alimentare cu apă ale localităților.

Problemele care se pun la calculul conductelor sunt:

1. *determinarea diametrului interior* – problemă de dimensionare - când se cunosc pierderile de sarcină hidraulică, natura pereților conductei, lungimea ei, precum și debitul necesar la consumator.

2. *determinarea debitului* - problemă de alimentare - când se cunosc celelalte mărimi.

3. *determinarea pierderii de sarcină* – problemă energetică – când se cunosc celelalte mărimi.

Calculul conductelor scurte:

În cazul mișcării permanente pierderea de sarcină totală este:

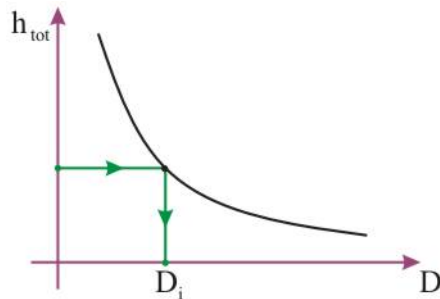
$$h_{tot} = h_{distribuit} + \sum_i h_{ei} \quad \text{sau}$$

$$h_{tot} = 0.0826\lambda \frac{l}{D^5} Q^2 + 0.0826 \frac{Q^2}{D^4} \sum_i \xi_{li} ,$$

$$h_{tot} = 0.0826 \frac{Q^2}{D^4} \left(\lambda \frac{l}{D} + \sum_i \xi_{li} \right) [m]$$

1. determinarea diametrului (D)

- se dau diverse valori diametrului interior al conductei și rezultă valorile pierderii de sarcină cu care se trasează graficul următor:



- pentru pierderea de sarcină din cazul concret considerat se alege în final din grafic $D_{s\text{ standard}} = D_i$

2. determinarea debitului (Q)

Pentru o curgere în regim laminar valoarea coeficientului pierderii de sarcină liniară sau distribuită este:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad \text{și rezultă valoarea numărului Reynolds} \quad \text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

- se alege valoarea lui Q la iterația 0, $Q^{(0)}$ și rezultă:

$$v^{(0)} = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \text{Re}^{(0)} = \frac{v^{(0)} \cdot D}{\nu} \quad \lambda^{(0)} = \frac{64}{\text{Re}} \Rightarrow Q^{(1)},$$

adică debitul la iterația 1, și se urmează același procedeu până când diferența dintre două valori succesive ale debitului volumic Q este mai mică în modul decât o valoare ε aleasă în funcție de precizia dorită:

$$|Q^{(n)} - Q^{(n-1)}| < \varepsilon \Rightarrow Q = Q^{(n)},$$

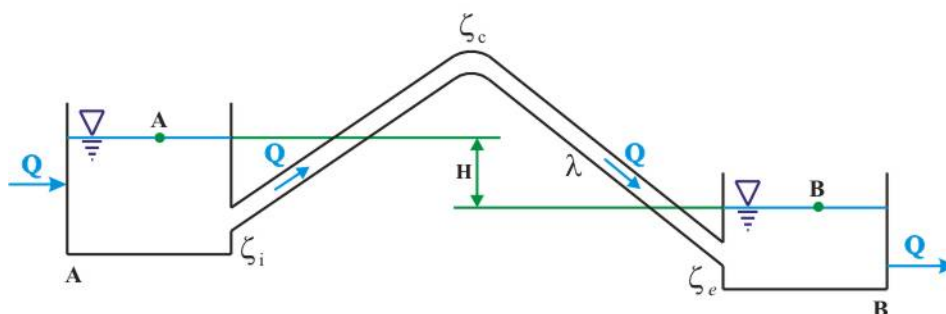
adică se alege ca debit final debitul de la iterația n .

3. determinarea pierderilor de sarcină totală:

Cu ajutorul lui $Q \Rightarrow v \rightarrow \text{Re} \Rightarrow \lambda \Rightarrow h_{\text{tot}}$

APLICAȚIE

Conducta tip sifon:



Se aplică relația lui Bernoulli între *A* și *B*:

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_{tot}$$

Parametrii hidrodinamici sunt dați de:

$$p_A = p_B = p_{atm} \quad v_A = \frac{Q}{S_A},$$

Deoarece S_A este mare $\Rightarrow v_A$ este mică $\Rightarrow \frac{v_A^2}{2g}$ este neglijabil.

$$\Rightarrow z_A = h_{tot} \Rightarrow H = h_{tot}$$

Se înlocuiește pierderea de sarcină totală cu suma dintre pierderea liniară și cele locale și rezultă:

$$H = \lambda \frac{v^2}{2g} \frac{l}{D} + \xi_i \frac{v^2}{2g} + \xi_c \frac{v^2}{2g} + \xi_e \frac{v^2}{2g}$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{2g} \left(\lambda \frac{l}{D} + \xi_i + \xi_c + \xi_e \right) = H$$

de unde se deduce expresia vitezei de curgere pe traseu:

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{\lambda \frac{l}{D} + \xi_i + \xi_c + \xi_e}}$$

și deci debitul sifonat din rezervorul A în rezervorul B este:

$$Q = v \cdot S \Rightarrow Q = v \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

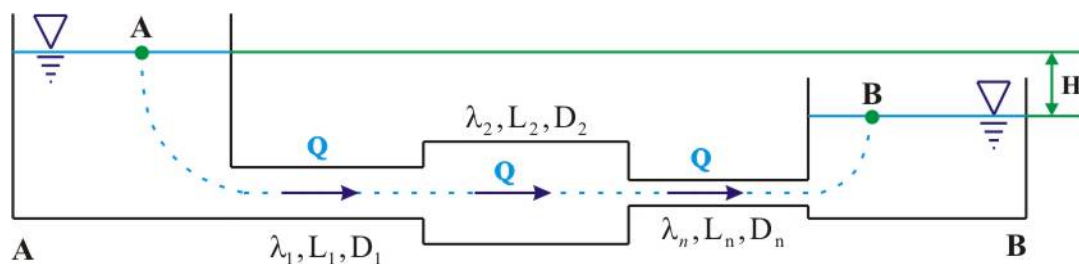
Calculul conductelor lungi

Analogia electro-hidraulică

Calculul efectuat cu ajutorul unor mărimi electrice și hidraulice prezintă o anumită similaritate.

- circuitul serie electric	$\begin{cases} I = ct \\ U = \sum_i U_i \end{cases}$	\Rightarrow	circuitul serie hidraulic	$\begin{cases} Q = ct \\ h_d = \sum_i h_{di} \end{cases}$
- circuitul paralel electric	$\begin{cases} I = \sum_i I_i \\ U = ct \end{cases}$	\Rightarrow	circuitul paralel hidraulic	$\begin{cases} Q = \sum_i Q_i \\ h_d = ct \end{cases}$

Conducte lungi montate în serie:



Aplicând relația lui Bernoulli între punctele A și B se obține:

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + \sum_i h_{di}$$

Termenii cinetici sunt neglijabili pe suprafața liberă a rezervoarelor, presiunile în A și B sunt egale cu presiunea atmosferică, din suma pierderilor de sarcină din membrul drept rămân doar pierderile distribuite și efectuând reducerile necesare rezultă:

$$H = h_d$$

adică energia potențială a lichidului din rezervorul A față de rezervorul B se consumă pe pierderile distribuite produse pe rețeaua de conducte în serie.

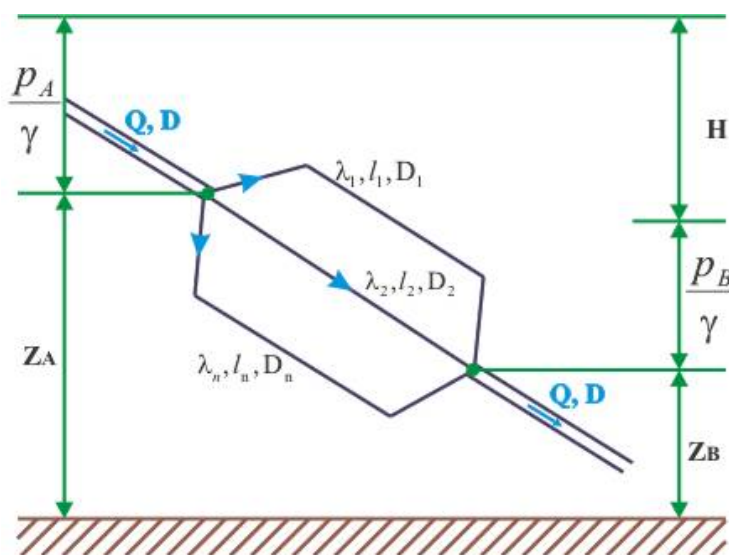
Explicitând pierderile pe fiecare tronson se obține:

$$H = \lambda_1 \frac{l_1}{D_1} \frac{v_1^2}{2g} + \lambda_2 \frac{l_2}{D_2} \frac{v_2^2}{2g} + K + \lambda_n \frac{l_n}{D_n} \frac{v_n^2}{2g}$$

H este dat și atunci se poate obține în final debitul de fluid :

$$v_i = \frac{Q}{S_i} \Rightarrow H = 0.0826 Q^2 \left(\sum_i \lambda_i \frac{l_i}{D_i^5} \right) \Rightarrow Q$$

Conducte lungi montate în paralel:



Se aplică relația lui Bernoulli între A și B:

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{p_A}{\gamma} + z_A = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{p_B}{\gamma} + z_B + h_d$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{- în } A \text{ și } B \quad Q = ct \\ \quad \quad \quad \quad D = ct \end{array} \right\} \Rightarrow S = ct \Rightarrow v_A = v_B = ct$$

$$\Rightarrow H = h_d \Rightarrow H = 0.0826 \lambda_i \frac{l_i}{D_i^5} Q_i^5 \Rightarrow Q_i \Rightarrow$$

Debitul total prin conducta din afara ramificației este : $Q = \sum_{i=1}^n Q_i$

Mașini hidraulice

Se deosebesc:

1. **Mașini generatoare** la care energia mecanică la arbore este transformată în energie hidraulică (exemple: pompe sau ventilatoare antrenate de motoare asincrone).

2. **Mașini motoare** la care energia hidraulică se transformă în energie electrică (exemple: turbine de apă, abur și de gaze conectate la generatoare sincrone).

3. **Transformatoare hidraulice** ce transformă energia mecanică în energie hidraulică și apoi din nou în energie mecanică (exemplu: transmisiile hidraulice).

Mașinile hidraulice se mai clasifică în:

- **turbomașini** la care există o circulație continuă de fluid între aspirație și refulare (ventilatoare și pompe axiale, diagonale, centrifugale, suflante) și care dau debite mari dar realizează diferențe de presiune între refulare și aspirație mici.

- **mașini volumice**: - pompe cu piston, cu roți dințate, cu pistonase, cu palete culisante; acestea realizează diferențe de presiune mari, dar dau debite mici.

Parametrii energetici ce caracterizează funcționarea unei mașini sunt în cazul mașinii generatoare (de exemplu o pompă sau un ventilator):

1. debitul volumic Q , $\left[\frac{m^3}{s} \right]$ sau $\left[\frac{l}{s} \right]$, ($1 m^3 = 10^3$ litri)

2. sarcina pompei: $H_p = \left(\frac{v_r^2}{2g} + \frac{p_r}{\gamma} + z_r \right) - \left(\frac{v_a^2}{2g} + \frac{p_a}{\gamma} + z_a \right)$, [m]

3. puterea utilă: $P_u = \rho g Q H_p$, [W] sau [kW]

4. puterea consumată: P_c , [W] sau [kW]

5. randamentul pompei: $\eta = \frac{P_u}{P_c}$, [%] , $\eta < 1$