

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ

Предметен наставник: Вон. Проф. Д-р ВИОЛЕТА ЃЕШОВСКА

7

СТАЦИОНАРНО ТЕЧЕЊЕ ВО СИСТЕМИ ПОД ПРИТИСОК

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ



Стационарно течење во системи под притисок

Проблем 1

Познати: Проточно количество (Q) и карактеристики на цевки (L, d, f)

Задача: Определувањ на губитоците на енергија (h_f) и промената на притисокот (p , ПЛ)

Проблем 2

Познати: Губитоците на енергија (h_f) и карактеристики на цевки (L, d, f)

Задача: Определувањ на проточно количество (Q)

Проблем 3

Познати: Проточно количество (Q) и промена на притисокот (p , ПЛ)

Задача: Определувањ на дијаметар на цевките (d)



Стационарно течење во системи под притисок

Законот за непроменливост на масата и енергија

Равенката на континуитет

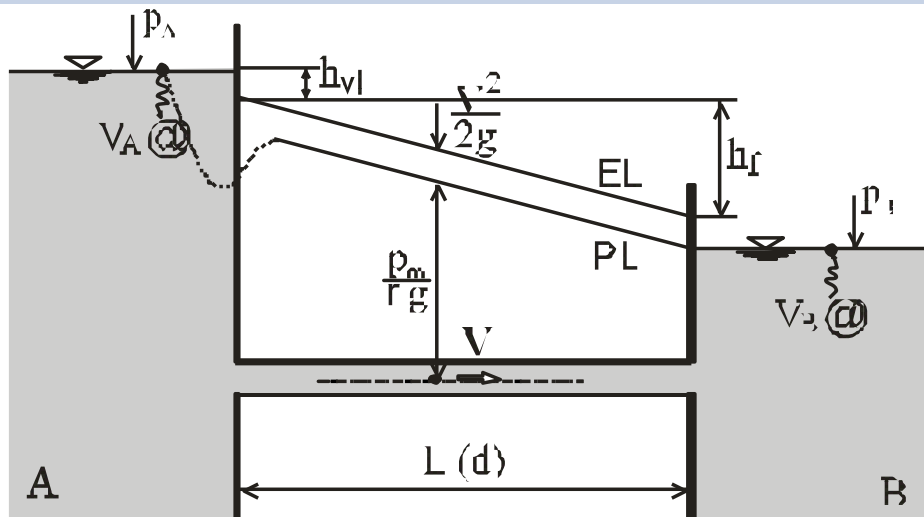
Енергетската равенка



Конструкција на ПЛ и ЕЛ



Кратки цевководи



Енергетската равенка во пресек А-А и В-В во однос на В-В

$$\frac{p_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + H = \frac{p_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + 0 + \text{gubitoci}$$

($p_A = p_{at}$) и ($p_B = p_{at}$), ($V_A \approx 0$) и ($V_B \approx 0$)

$$h_j + h_f = k_v \frac{V^2}{2g} + k_{iz} \frac{V^2}{2g} + f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g}$$

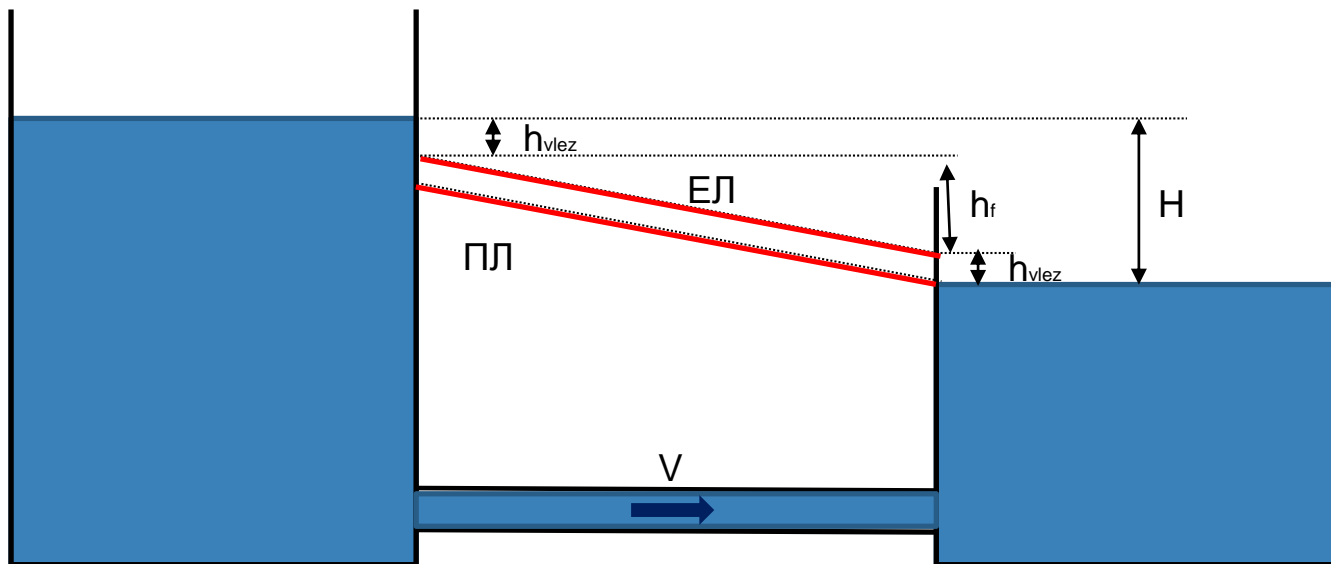
$$V = \frac{1}{\sqrt{\Sigma k + f \frac{L}{d}}} \sqrt{2gH} = C_v \sqrt{2gH}$$

$$Q = AV$$

Равенката на континуитет

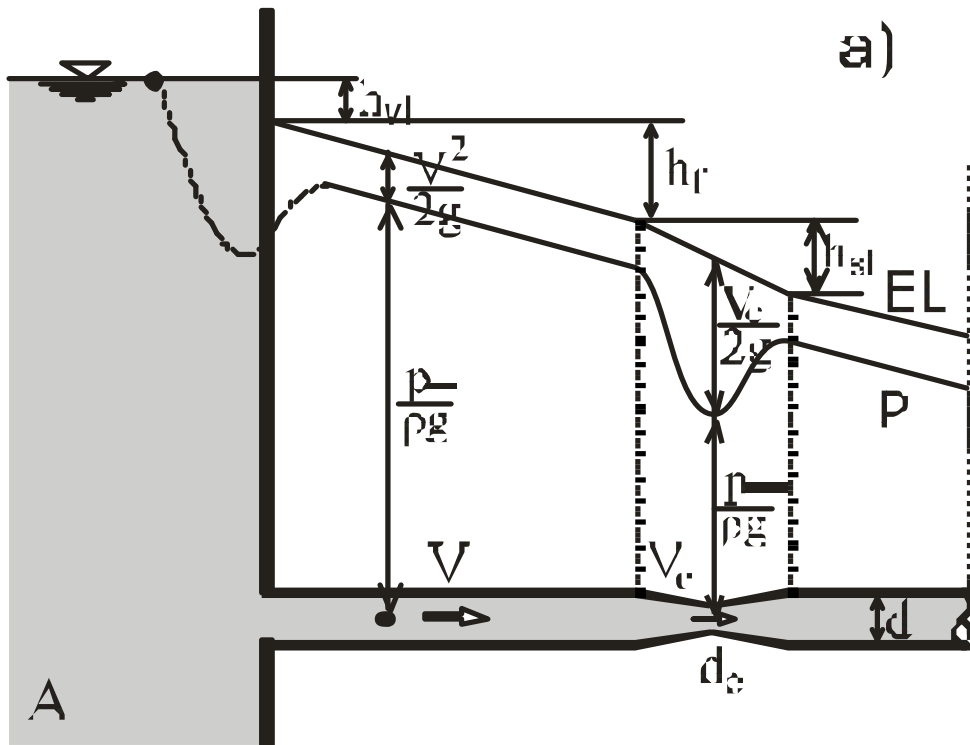


Кратки цевководи





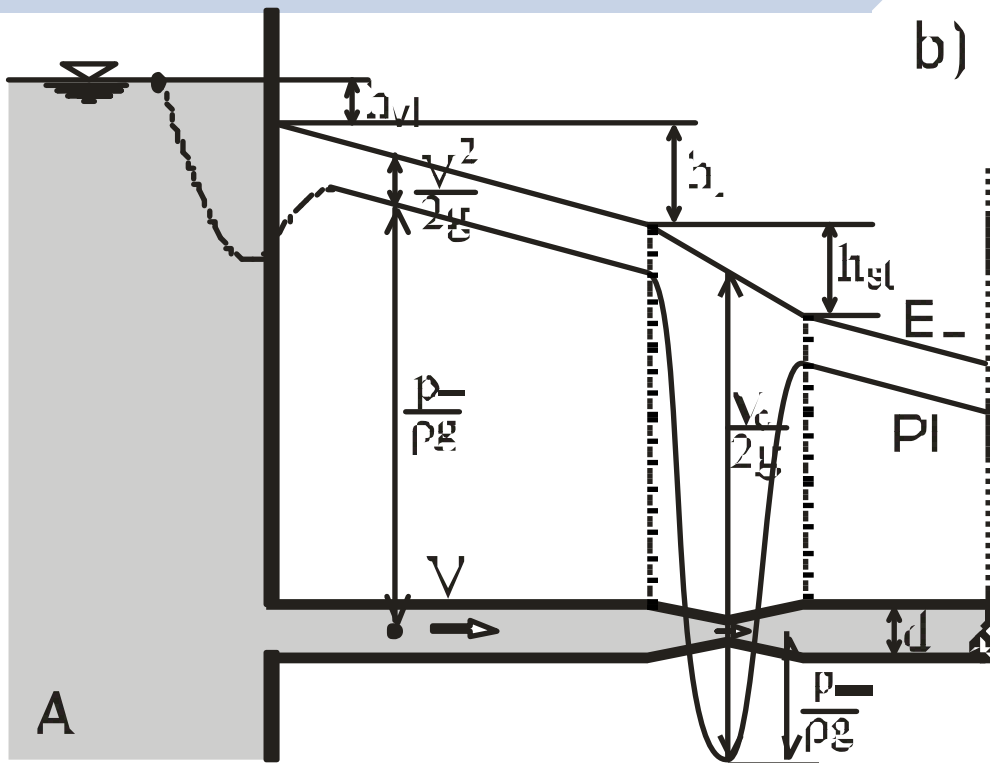
Локално стеснување



$$P_{cm} = P_c - P_{at}$$



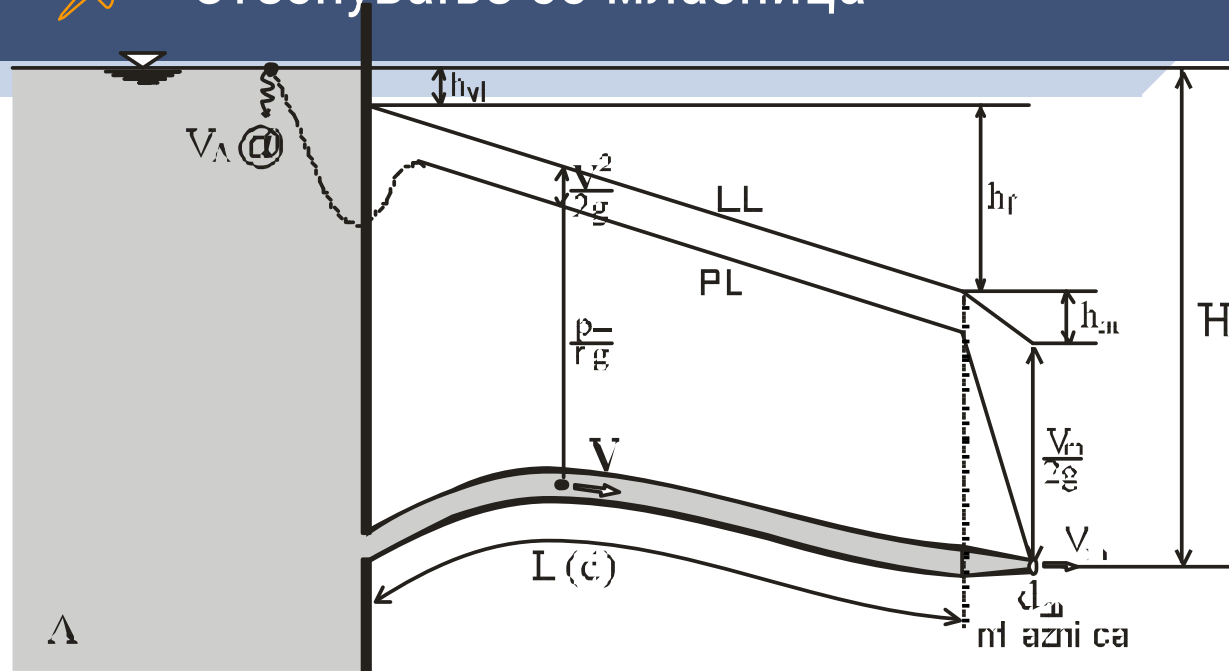
Локално стеснување



$$P_{cv} = P_{at} - P_c$$



Стеснување со млазница



Равенката на континуитет

$$Q = AV = A_m V_m$$

Губитоци=локални+линиски

Линиски:

$$h_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g}$$

Локални=влез+млазница:

$$h_j = k \frac{V^2}{2g}$$

Енергетската равенка во пресек А-А и В-В во однос на В-В

$$\frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + H = \frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{V_m^2}{2g} + 0 + \text{gubitoci}$$



Стеснување со млазница

Снагата на млазот

$$N = \rho g Q \left(\frac{V_m^2}{2g} \right)$$

$$\frac{dN}{dQ} = 0 \quad f \frac{L}{d} \frac{Q^2}{2gA^2} = \frac{H}{3}$$

$$\frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + H = \frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{V_m^2}{2g} + 0 + \text{gubitoci}$$

$$\frac{Q^2}{2gA_m^2} = \frac{V_m^2}{2g} = \left(H - \frac{H}{3} \right) = \frac{2}{3} H$$

Губитоци=линиски

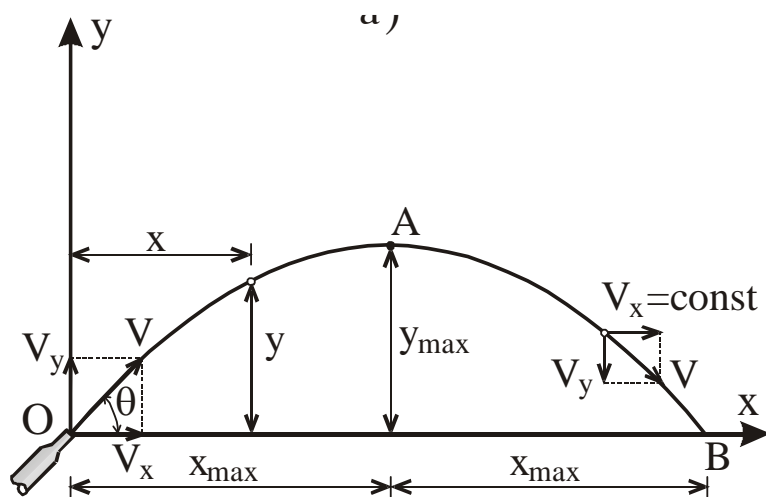
$$H = \frac{V_m^2}{2g} + f \frac{L}{d} \frac{Q^2}{2gA^2}$$

$$\frac{V_m^2}{2g} = H - f \frac{L}{d} \frac{Q^2}{2gA^2}$$

$$N = \rho g Q \left[H - f \frac{L}{d} \frac{Q^2}{2gA^2} \right]$$



Дострел на млаз



насока x:

забрзување $a_x=0$

брзина $V_x=V\cos\theta$

растојание $x=V_x t$ или $t=x/V_x$

насока y: забрзување

$a_y=-g$

брзина $V_y=V\sin\theta$

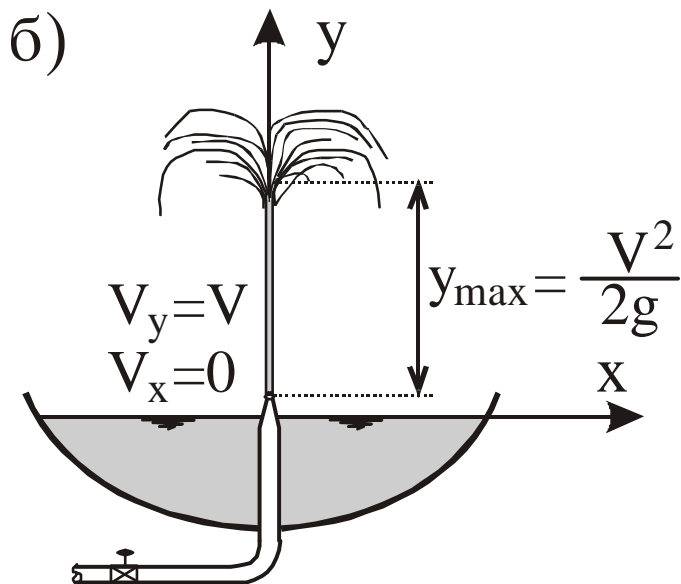
растојание $y=V_y t - gt^2/2$

$$y = V \sin \theta \left(\frac{x}{V \cos \theta} \right) - \frac{g}{2} \left(\frac{x}{V \cos \theta} \right)^2$$

$$y = x t \operatorname{tg} \theta - \frac{g}{2 \cdot V^2 \cos^2 \theta} \cdot x^2$$



Дострел на млаз



$$y_{\max} = \frac{(V \sin \theta)^2}{2g} = \frac{V_y^2}{2g}$$



Коефициент на Chezy

Darcy-Weisbach

$$V^2 = \frac{8g}{f} R \frac{h_f}{L} \rightarrow V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{R \frac{h_f}{L}}$$

C-Chezy-ев коефициент

 S_f -хидраулички градиент

$$V = C \sqrt{RS_f}$$

$$Q = AV = AC \sqrt{RS_f} \rightarrow Q = K \sqrt{S_f}$$

Chezy-ева равенка

$$K = AC \sqrt{R} \quad \text{Модул на проток}$$

$$\text{Manning} \quad C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

$$\text{Bazin} \quad C = \frac{87}{1 + \frac{m}{\sqrt{R}}}$$

$$\text{Kutter} \quad C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}}$$

$$S_f = \frac{h_f}{L} = \frac{Q^2}{K^2}$$

$$h_f = \frac{Q^2}{K^2} L$$



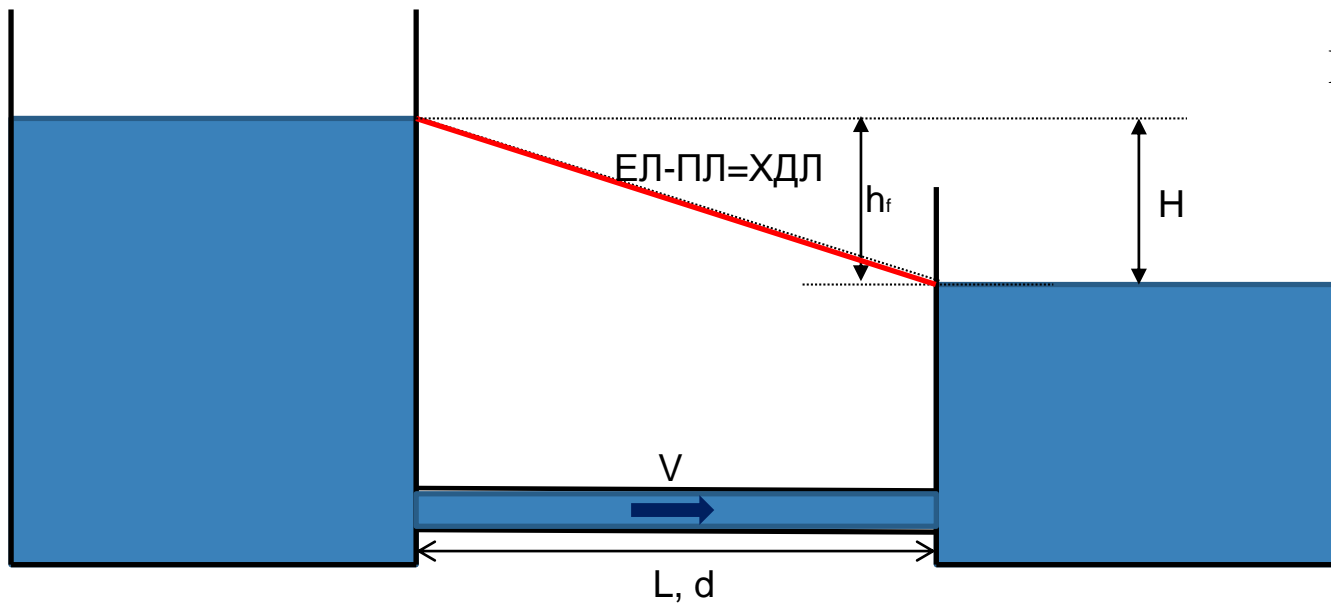
Долги цевководи ($L \gg d$)

Енергетската равенка во пресек А-А и В-В во однос на В-В

$$\frac{p_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + H = \frac{p_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + 0 + \text{губитоци}$$

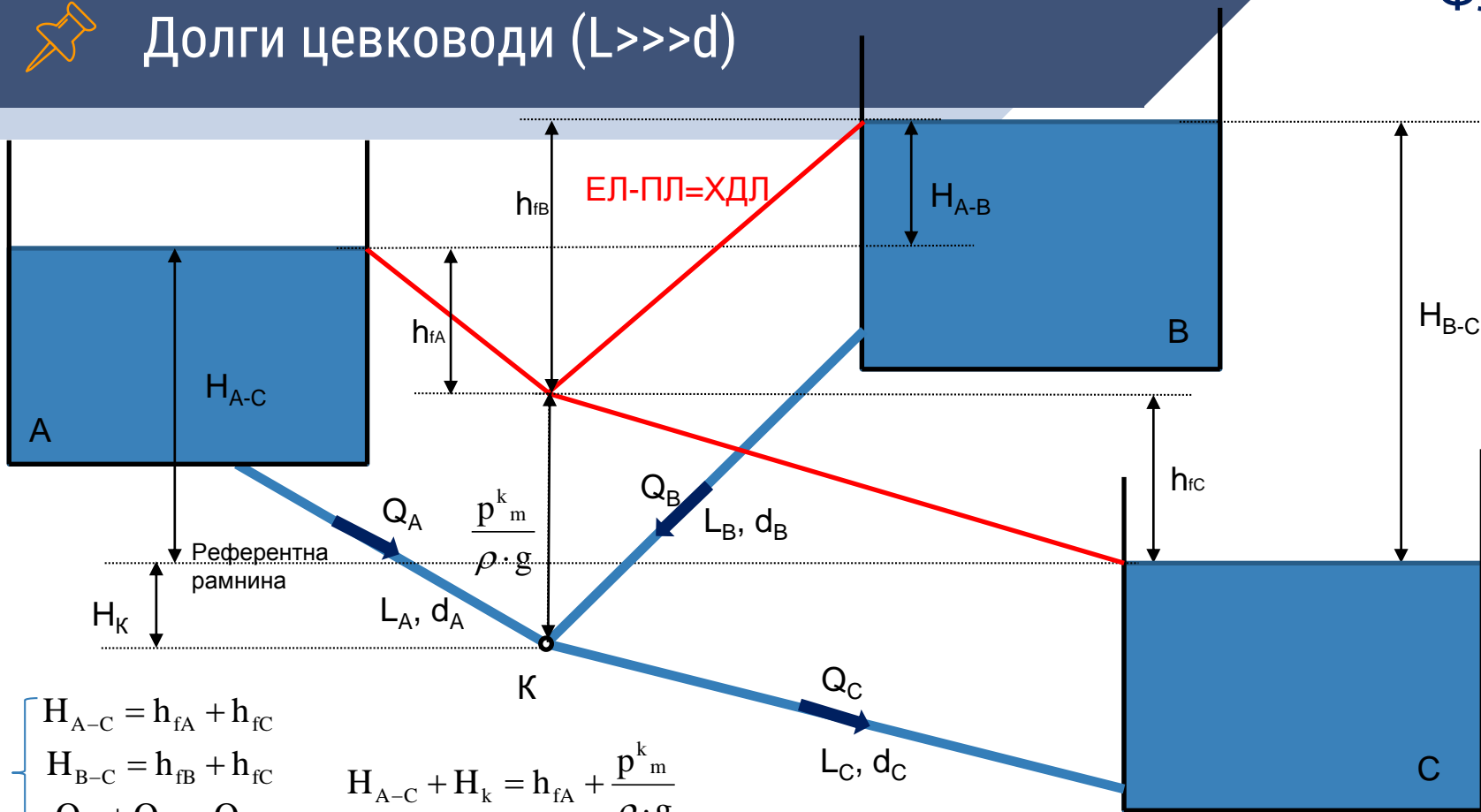
$$H = h_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g}$$

$$Q = AV$$





Долги цевководи ($L \gg d$)

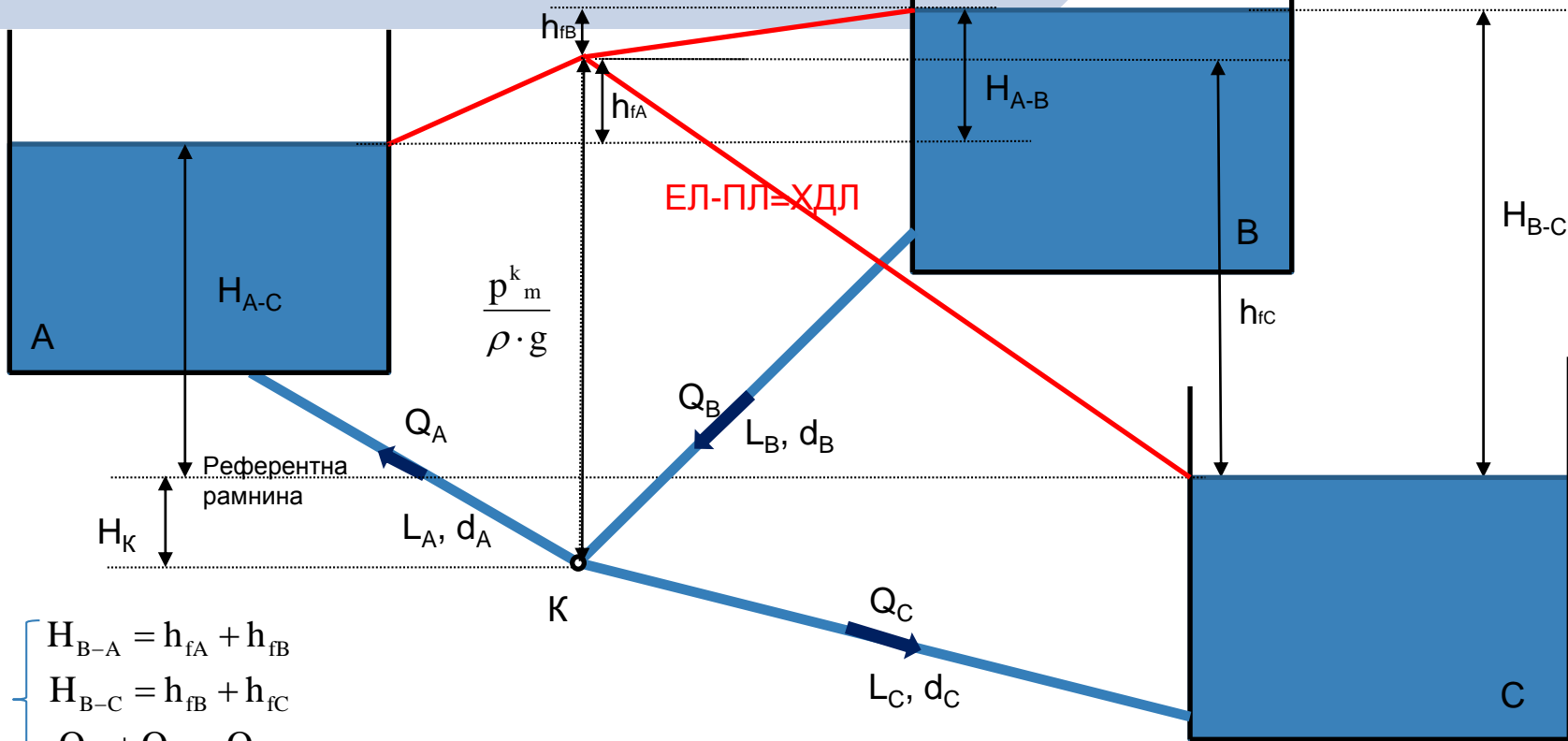


$$\begin{cases} H_{A-C} = h_{fA} + h_{fC} \\ H_{B-C} = h_{fB} + h_{fC} \\ Q_A + Q_B = Q_C \end{cases}$$

$$H_{A-C} + H_k = h_{fA} + \frac{p^k_m}{\rho \cdot g}$$



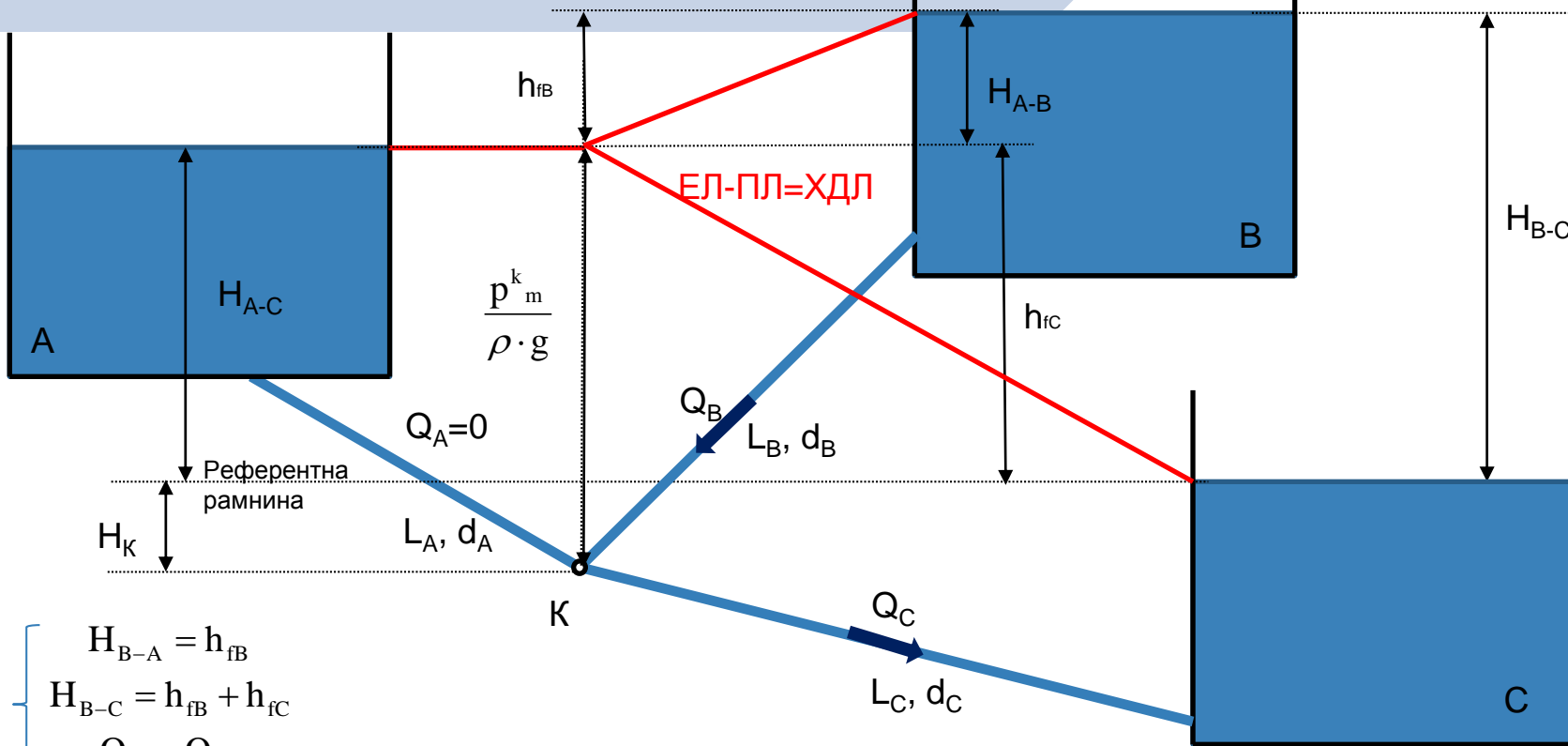
Долги цевководи ($L \gg d$)



$$\begin{cases} H_{B-A} = h_{fA} + h_{fB} \\ H_{B-C} = h_{fB} + h_{fC} \\ Q_A + Q_C = Q_B \end{cases}$$

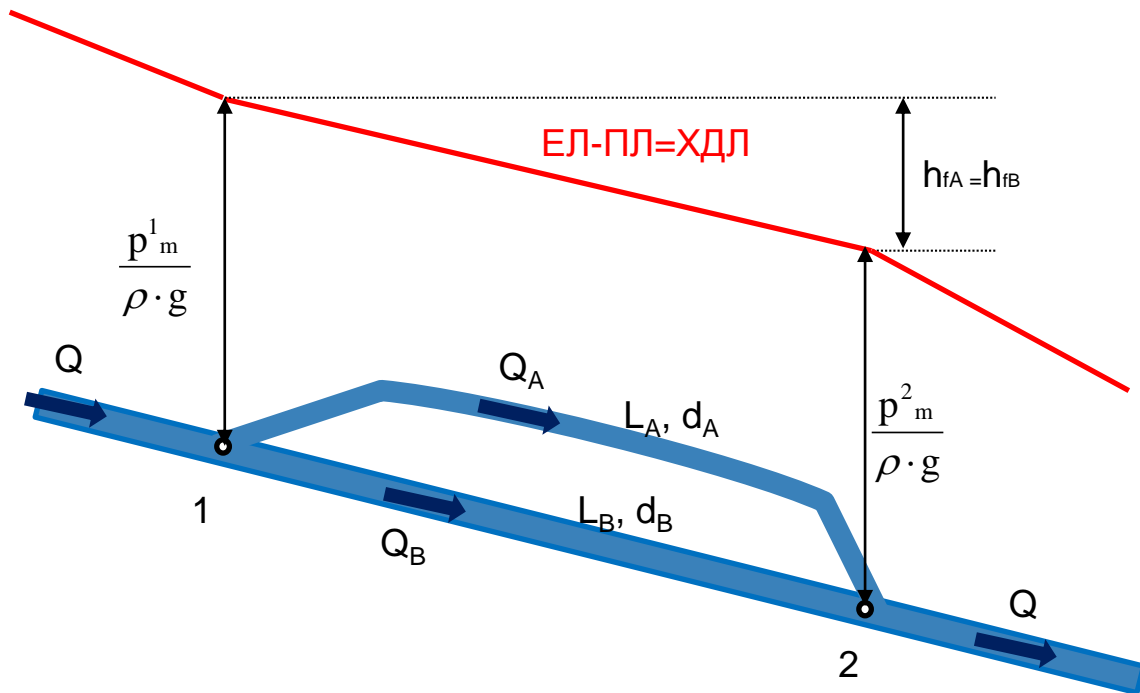


Долги цевководи ($L \gg d$)





Паралелни цевководи

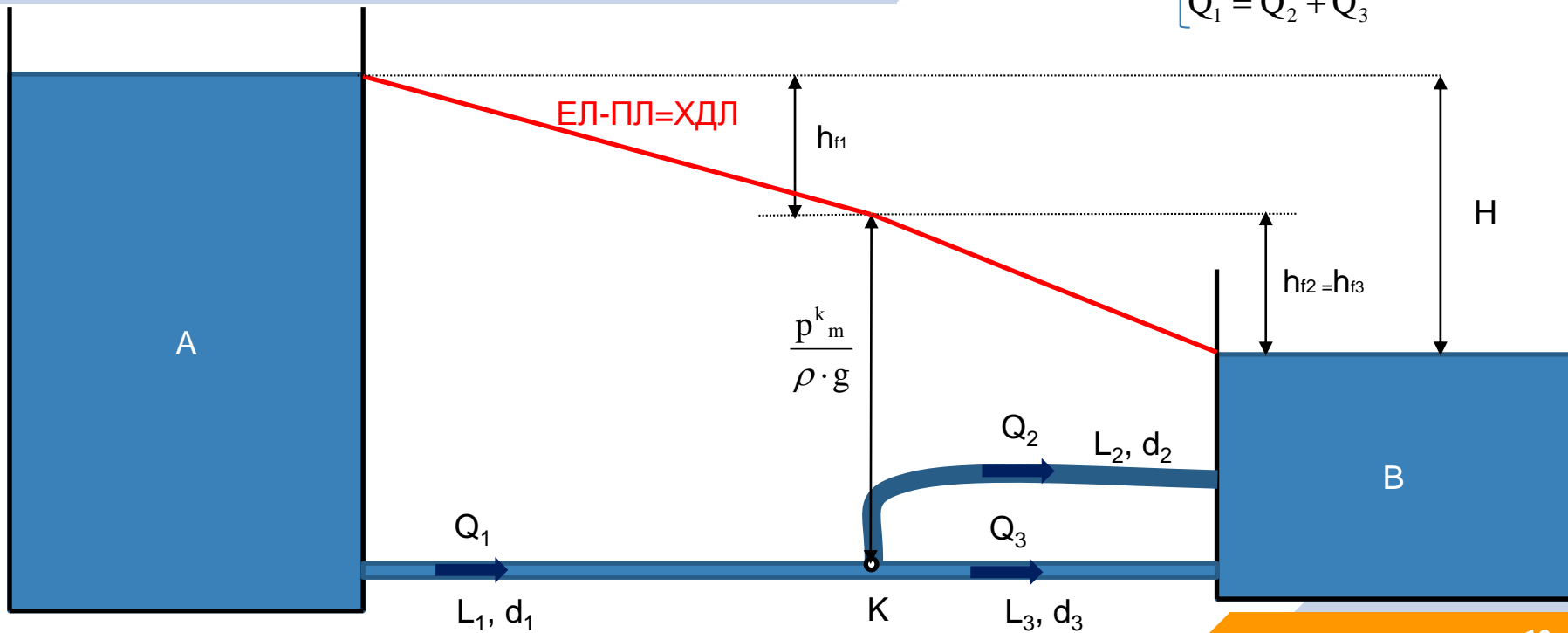


$$\left\{ \begin{array}{l} h_{fA} = h_{fB} \\ Q = Q_A + Q_B \end{array} \right.$$



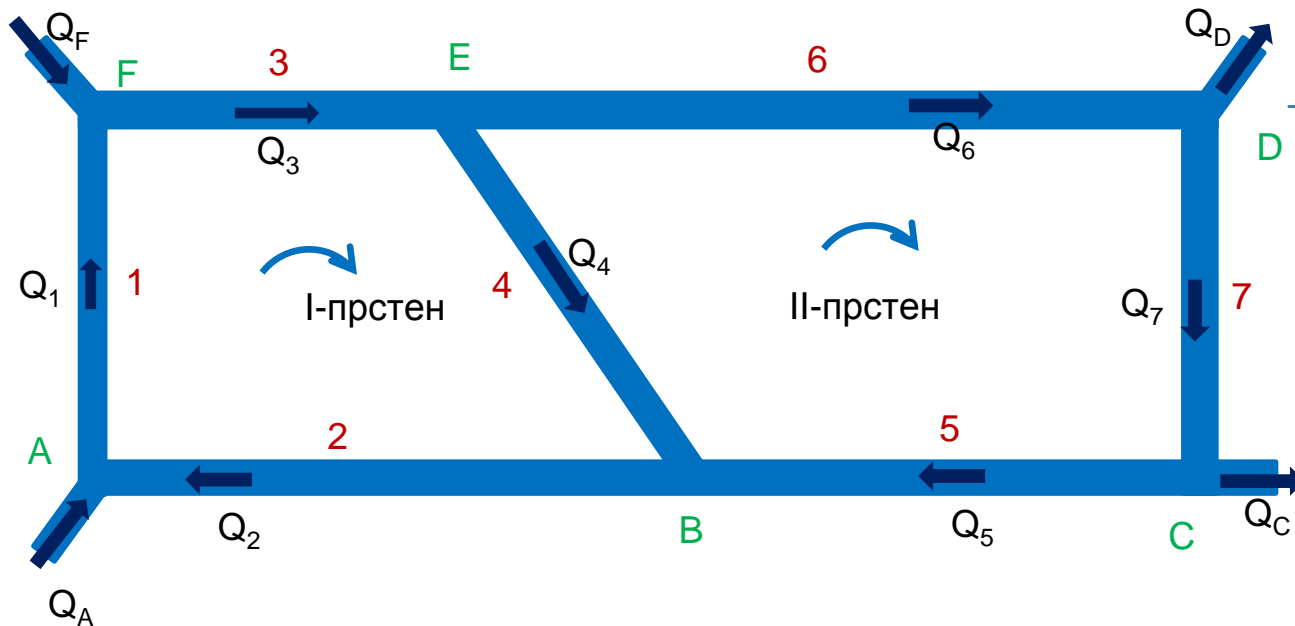
Паралелни цевководи

$$\begin{cases} h_{f2} = h_{f3} \\ Q_1 = Q_2 + Q_3 \end{cases}$$





Цевководни мрежи



$$h_f^{I\text{-prsten}} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_{f4} = 0$$

Јазол А $Q_2 = Q_A + Q_1$

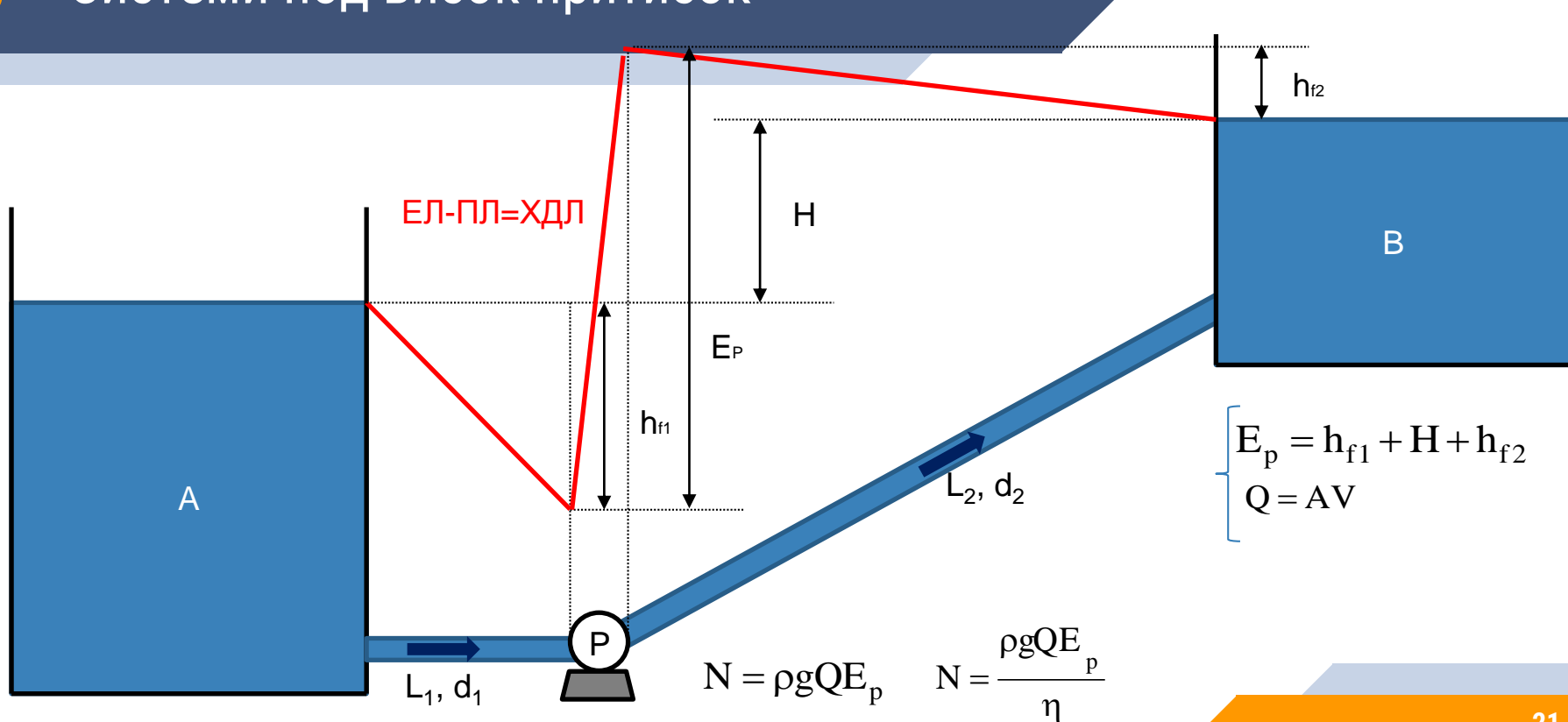
Јазол F $Q_3 = Q_F + Q_1$

Јазол E $Q_3 = Q_6 + Q_4$

Јазол B $Q_2 = Q_5 + Q_4$

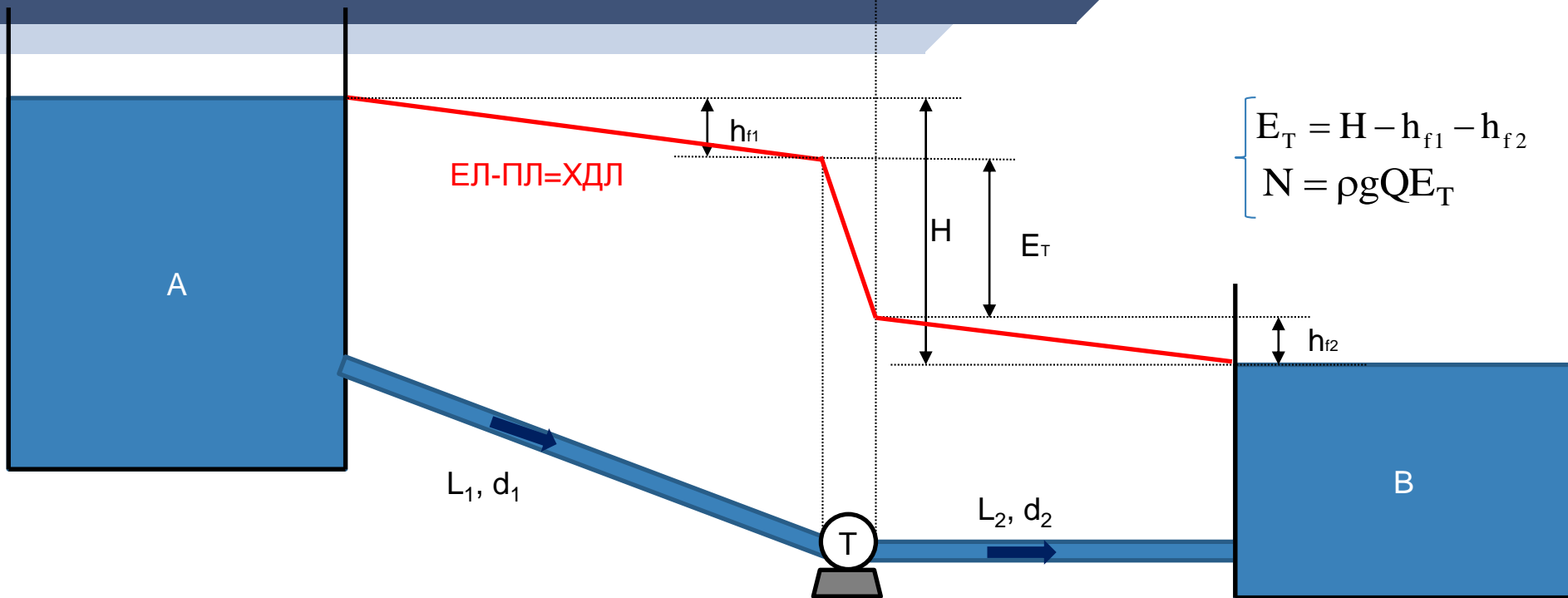


Системи под висок притисок



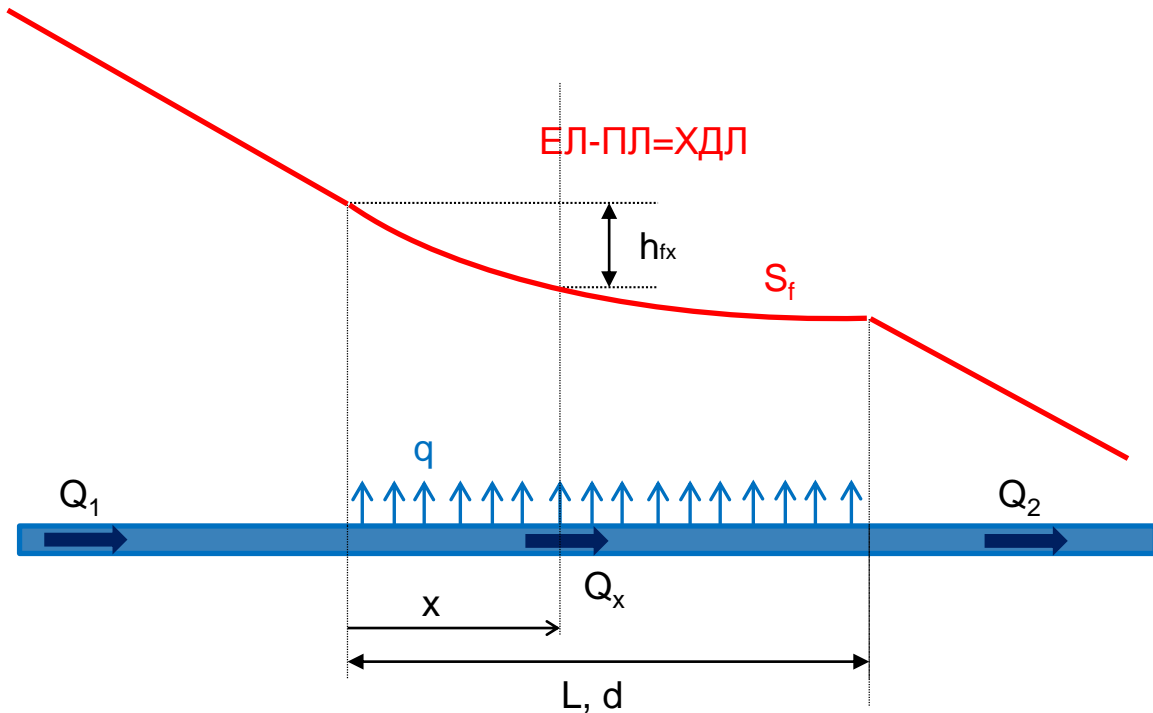


Системи под висок притисок





Цевководи со непрекинато испуштање



$$Q_x = Q_1 - qx$$

$$\frac{dh_f}{dx} = f_x \frac{1}{d} \frac{Q_x^2}{2gA^2} = \mathbf{K} f_x Q_x^2$$

$$\frac{dh_f}{dx} = \mathbf{K} f_x [Q_1 - qx]^2$$

$$h_f = \int dh_f = \mathbf{K} \int_0^L f_x [Q_1 - qx]^2 dx$$

$$h_f = \mathbf{K} \bar{f}_x \left[Q_1^2 x - qQ_1 x^2 + \frac{q^2 x^3}{3} \right]_0^L$$



Емпириски методи за пресметување на протекот

Manning

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

$$Q = AV = AC\sqrt{RS_f}$$

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} \cdot S_f^{1/2}$$

- (A) е протечен пресек,
- (R) Хидраулички радиус,
- (S_f) е хидраулички градиент,
- (n) е коефициент на рапавина

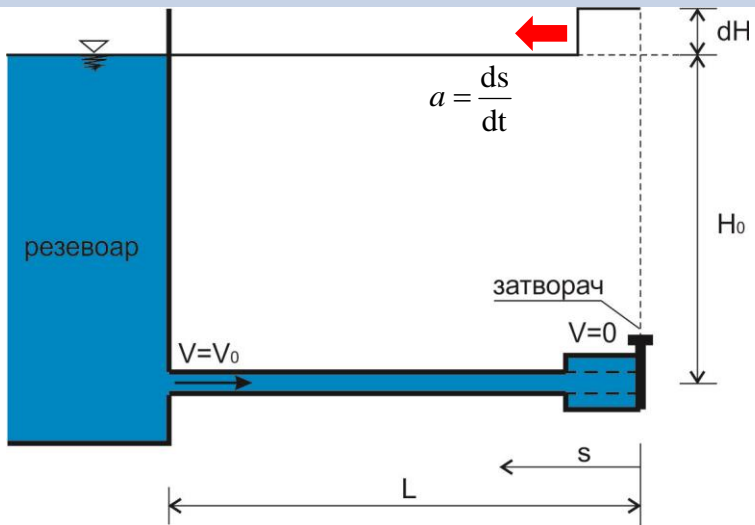
Hazin-Williams

$$Q = 0,2785 \cdot C \cdot d^{2,63} \cdot S_f^{0,54}$$

- (C) Коефициент на Hazin-Williams или коефициент на релативна рапавина,
- (d) е дијаметар на цефководот,
- (S_f) е хидраулички градиент



Хидраулички удар



$$(A + dA)dpdt = (\rho + d\rho)(A + dA)V_0adt$$

$$dp = \rho V_0 a$$

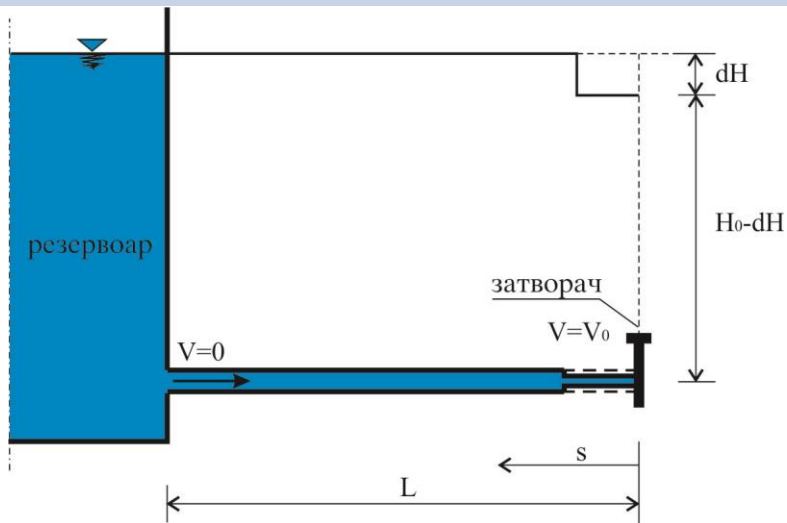
$$dH = H - H_0 = \frac{aV_0}{g}$$

$$a = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$$a = \sqrt{\frac{K}{\rho \left(1 + \frac{K D}{E \delta}\right)}}$$



Хидраулички удар

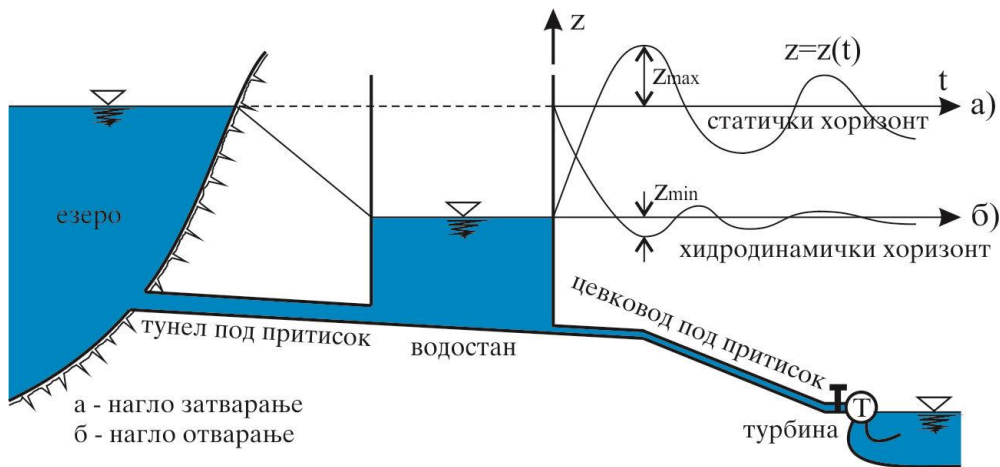


$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + V \frac{\partial p}{\partial x} + \rho a^2 \frac{\partial V}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g \cdot \sin \theta + \frac{fV|V|}{2D} &= 0 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \rho a^2 \frac{\partial V}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{fV|V|}{2D} &= 0 \end{aligned} \right.$$



Контрола на хидраулички удар



$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{A_V} (Q_T - Q_{TUR})$$

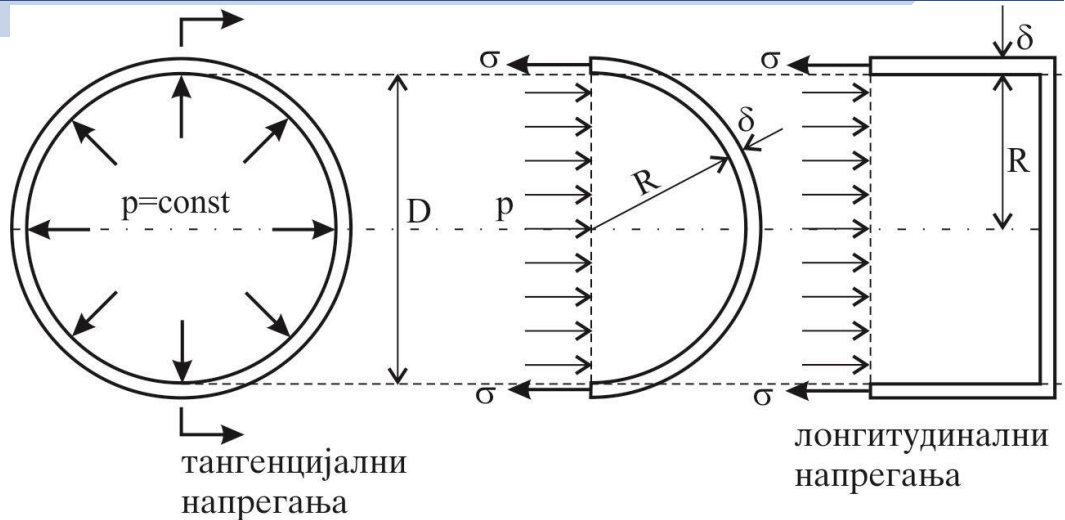
$$\frac{dV}{dt} = \frac{g}{L} (-z - KV|V|)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L A_V}{g A_T}}$$

$$Z = Q \sqrt{\frac{L}{g} \frac{1}{A_T A_V}}$$



Внатрешен притисок во цевки



$$2\sigma \cdot \delta = D \cdot p$$

$$\sigma = \frac{D \cdot p}{2\delta} = \frac{R \cdot p}{\delta}$$

$$p \cdot \frac{D^2 \pi}{4} = \sigma \cdot \delta (D\pi)$$

$$\sigma = \frac{D \cdot p}{4\delta} = \frac{R \cdot p}{2\delta}$$