

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ

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

6

МЕРЕЊЕ НА ФЛУИДНИТЕ ТЕКОВИ

МЕХАНИКА НА ФЛУИДИ

Мерење на флуидните текови

Флуидните текови може да се извршуваат во:

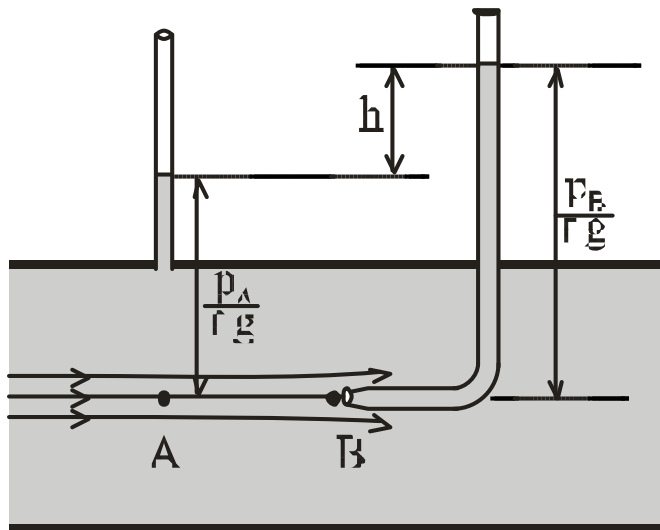
- ✓ отворени системи (резервоари, цевки)
- ✓ затворени системи (каналы)

Мерењето и контрола на основните параметри (брзина, притисок, волумен или количество) се врши со користење на различни сретства или методи:

- ✓ цевки (Pitot-цевка)
- ✓ отвори (мал и голем отвор)
- ✓ млазници
- ✓ преливници (преливници со остар раб, со практичен профил, со широк праг)



Pitot цевка



Енергетска равенка во пресек А-А и В-В во однос на референтната рамнина:

$$\frac{p_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + z_A = \frac{p_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + z_B + g_{ubitoci}$$

$$z_A = z_B = 0$$

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

$$\frac{V_A^2}{2g} = \frac{p_B}{\rho g} - \frac{p_A}{\rho g} = h$$

$$V_A = \sqrt{2g \left(\frac{p_B}{\rho g} - \frac{p_A}{\rho g} \right)} = \sqrt{2gh}$$

$$V_A = C_v \sqrt{2gh}$$

$C_v < 1$ - Брзински коефициент



Мал отвор

Енергетска равенка во пресек А-А и В-В во однос на р.р.:

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

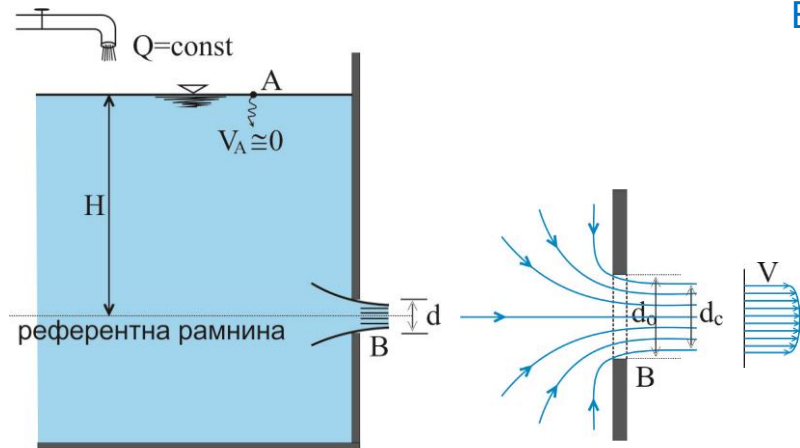
$$p_A = p_B = p_{at}$$

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

$$H = \frac{V_B^2}{2g} + k_{vl} \frac{V_B^2}{2g} = (1 + k_{vl}) \frac{V_B^2}{2g}$$

$$V_B = \frac{1}{\sqrt{1 + k_{vl}}} \sqrt{2gH} = C_v \sqrt{2gH}$$

$C_v < 1$ - Брзински коефициент



Равенка на континуитет:

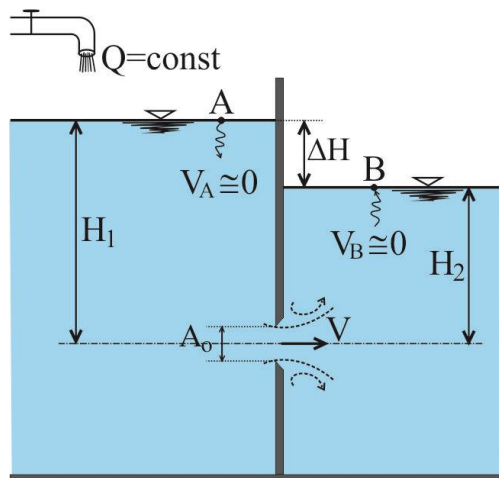
$$Q = A_B V_B = (C_c A_o) C_v \sqrt{2gH} = C_Q A_o \sqrt{2gH}$$

$C_Q \leq C_c \cdot C_v < 1$ - коефициент на протокот

$C_c < 1$ - коефициент на контракции



Мал отвор-потопено истекување



Равенка на континуитет:

$$Q = C_c C_v A_o \sqrt{2g\Delta H}$$

$$Q = C_Q A_o \sqrt{2g\Delta H}$$

Енергетска равенка во пресек А-А и В-В во однос на р.р.:

$$\frac{p_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + H_1 = \frac{p_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + H_2 + \text{губитоци}$$

$$p_A = p_B = p_{at}$$

$$\cancel{\frac{p_A}{\rho g}} + \overset{0}{\cancel{\frac{V_A^2}{2g}}} + H_1 = \cancel{\frac{p_B}{\rho g}} + \overset{0}{\cancel{\frac{V_B^2}{2g}}} + H_2 + h_{\text{влез}} + h_{\text{излез}}$$

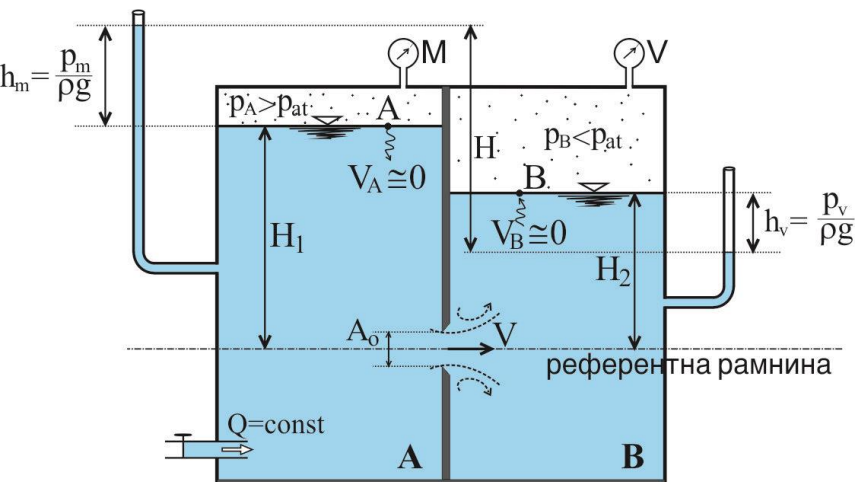
$$h_j = h_{\text{влез}} + h_{\text{излез}} = k_{\text{вл}} \frac{V^2}{2g} + k_{\text{излез}} \frac{V^2}{2g}$$

$$H_1 - H_2 = \Delta H = (k_{\text{вл}} + k_{\text{изл}}) \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{k_{\text{вл}} + 1}} \sqrt{2g\Delta H} = C_v \sqrt{2g\Delta H}$$



Мал отвор-потопено истекување затворени резервоари



Енергетска равенка во пресек А-А и В-В во однос на р.р.:

$$\frac{p_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + H_1 = \frac{p_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + H_2 + \text{губитоци}$$

$$\frac{p_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + H_1 = \frac{p_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + H_2 + h_{\text{влез}} + h_{\text{излез}}$$

$$h_j = h_{\text{влез}} + h_{\text{излез}} = k_{\text{вл}} \frac{V^2}{2g} + k_{\text{излез}} \frac{V^2}{2g}$$

$$\left(\frac{p_A}{\rho g} - \frac{p_B}{\rho g} \right) + (H_1 - H_2) = (k_{\text{вл}} + k_{\text{изл}}) \frac{V^2}{2g}$$

$$\frac{p_A}{\rho \cdot g} - \frac{p_B}{\rho \cdot g} = \frac{p_A}{\rho \cdot g} - \frac{p_{\text{at}}}{\rho \cdot g} + \frac{p_{\text{at}}}{\rho \cdot g} - \frac{p_B}{\rho \cdot g}$$

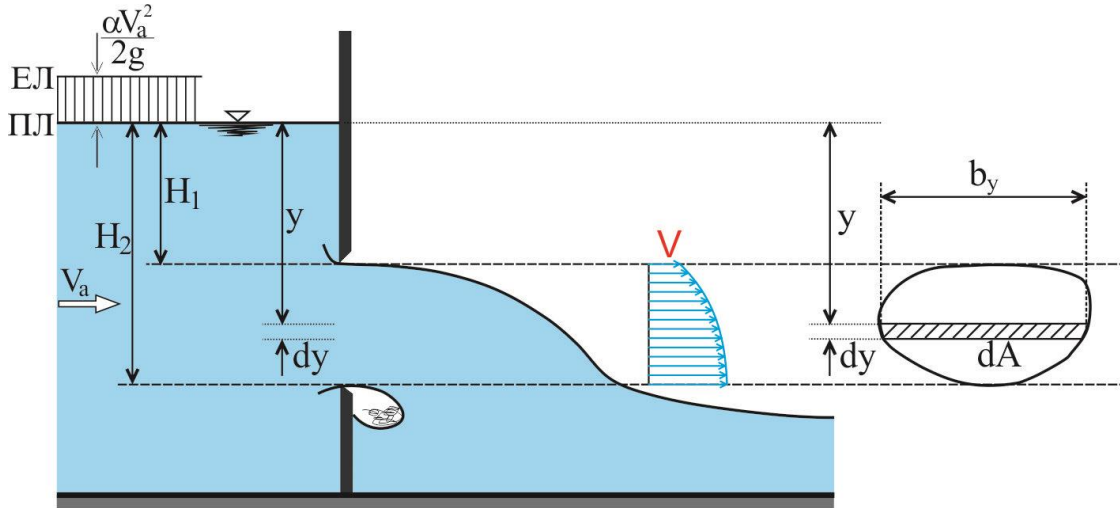
$$\frac{p_A}{\rho \cdot g} - \frac{p_B}{\rho \cdot g} = h_m + h_v$$

$$V = C_v \sqrt{2g[(H_1 - H_2) + (h_m + h_v)]}$$

$$V = C_v \sqrt{2gH}$$



Голем отвор



$$dQ = VdA = \sqrt{2gy} b_y dy$$

$$Q = \int_{H_1}^{H_2} dQ = \sqrt{2g} \int_{H_1}^{H_2} b_y y^{1/2} dy$$

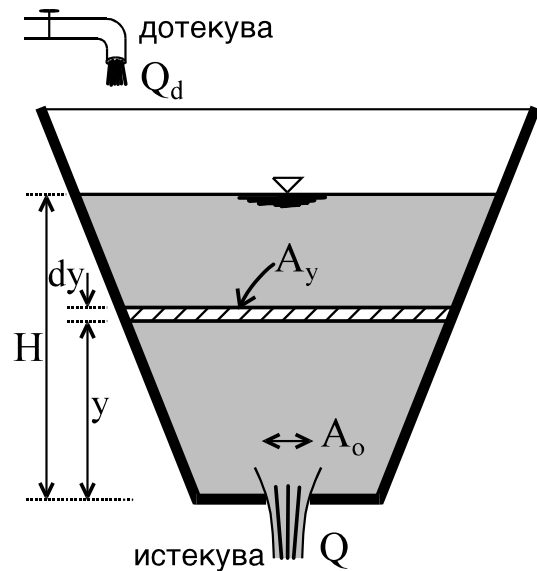
$$Q = b\sqrt{2g} \int_{H_1}^{H_2} y^{1/2} dy = \frac{2}{3} b\sqrt{2g} (H_2^{3/2} - H_1^{3/2})$$

$$Q = \frac{2}{3} C_Q b\sqrt{2g} (H_2^{3/2} - H_1^{3/2})$$

$$Q = \frac{2}{3} C_Q b\sqrt{2g} \left[\left(H_2 + \frac{\alpha V_a^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(H_1 + \frac{\alpha V_a^2}{2g} \right)^{3/2} \right]$$



Време на празнење



$$A_y dy = (Q_d - Q) dt$$

$$Q_d = C_Q A_o \sqrt{2gH_d}$$

$$Q = C_Q A_o \sqrt{2gy}$$

$$dt = \frac{A_y dy}{C_Q A_o \sqrt{2g} (\sqrt{H_d} - \sqrt{y})}$$

$$t = \frac{1}{C_Q A_o \sqrt{2g}} \int_H^{H_1} \frac{A_y}{\sqrt{H_d} - \sqrt{y}} dy$$

Кога нема доток во резервоарот ($Q_d=0$)

$$t = \frac{1}{C_Q A_o \sqrt{2g}} \int_H^{H_1} \frac{A_y}{-\sqrt{y}} dy$$

За константен пресек на резервоарот $A_y = \text{constanta}$

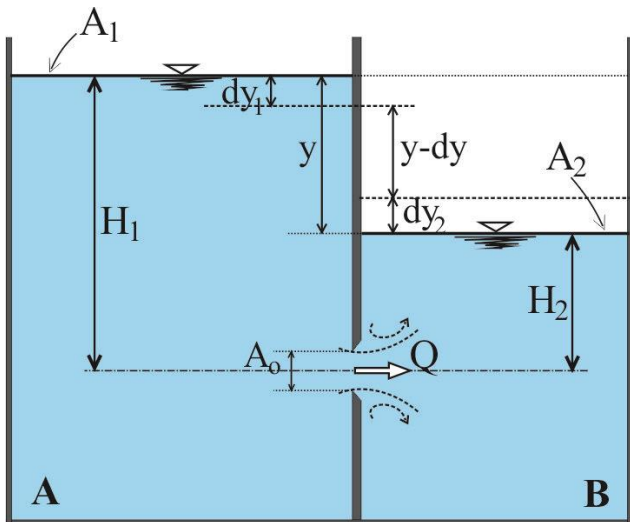
$$t = \frac{2A}{C_Q A_o \sqrt{2g}} (\sqrt{H} - \sqrt{H_1})$$

За целосно празнење ($H_1=0$)

$$t = \frac{2A}{C_Q A_o \sqrt{2g}} \sqrt{H}$$



Време на израмнување



$$-A_1 dy_1 = A_2 dy_2 \rightarrow dy_2 = -\frac{A_1}{A_2} dy_1$$

$$dy = dy_1 - dy_2 \rightarrow dy = dy_1 + \frac{A_1}{A_2} dy_1 = dy_1 \left(1 + \frac{A_1}{A_2}\right)$$

$$-A_1 dy_1 = A_2 dy_2 = Q dt = C_Q A_0 \sqrt{2gy} dt \quad \leftarrow dy_1 = dy \frac{A_2}{A_1 + A_2}$$

$$dt = -\frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} \frac{1}{C_Q A_0 \sqrt{2g}} \frac{dy}{\sqrt{y}}$$

$$t = \frac{2A_1 A_2}{A_1 + A_2} \frac{1}{C_Q A_0 \sqrt{2g}} \left(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2} \right)$$

$$t = \frac{2A_1 A_2}{A_1 + A_2} \frac{1}{C_Q A_0 \sqrt{2g}} \sqrt{H_1}$$

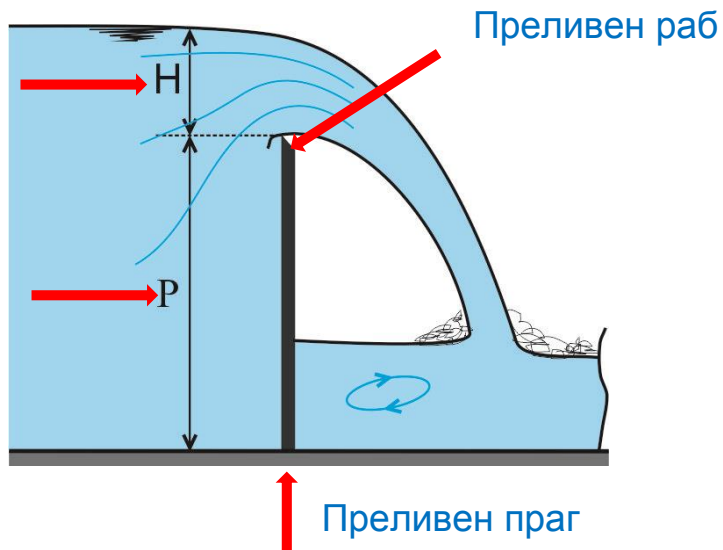


Преливници

Притисок
на прелевање

- ✓ потопени
- ✓ непотопени

Височина
на преливникот



- ✓ правоаголни,
- ✓ триаголни,
- ✓ трапезни,
- ✓ криволиниски

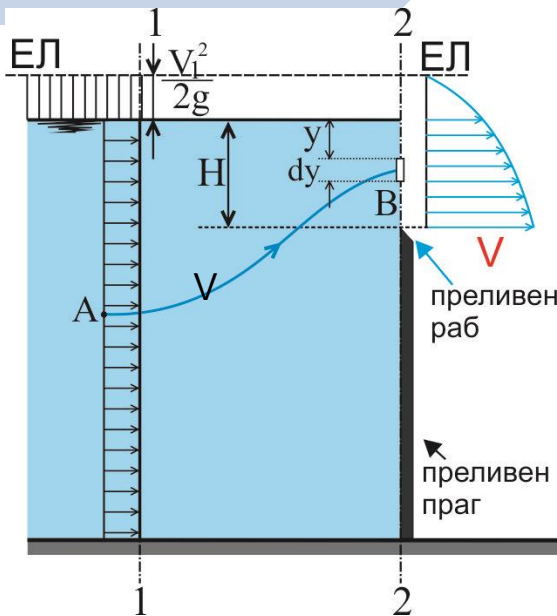
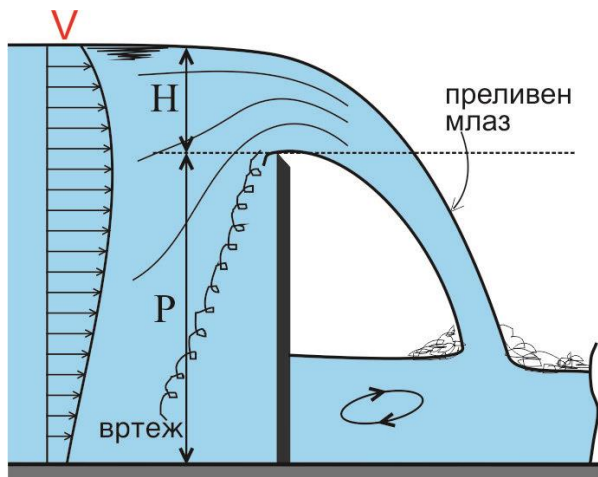
- ✓ Со остар раб,
- ✓ Со широк праг,
- ✓ Со практичен профил

Според положбата во однос
на основниот тек

- ✓ нормални,
- ✓ коси,
- ✓ странични/бочни



Преливници



Енергетска равенка во пресек 1-1 и 2-2 во однос на р.р.:

$$H + \frac{V_1^2}{2g} = (H - y) + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_2 = \sqrt{2g\left(y + \frac{V_1^2}{2g}\right)}$$

$$dQ = V_2 dA$$

$$Q = \int_0^H V_2 dA = B\sqrt{2g} \int_0^H \left(y + \frac{V_1^2}{2g}\right)^{1/2} dy$$

$$Q = \frac{2}{3} B\sqrt{2g} \left[\left(H + \frac{V_1^2}{2g}\right)^{3/2} - \left(\frac{V_1^2}{2g}\right)^{3/2} \right] \rightarrow Q = \frac{2}{3} B\sqrt{2g} H^{3/2} \rightarrow Q = \frac{2}{3} C_p B\sqrt{2g} H^{3/2}$$

C_p -коэффициент
на прелевање



Преливници

$$Q = \frac{2}{3} C_p B \sqrt{2g} H^{3/2}$$

Според Rehbock⁹ за правоаголени преливници со остер раб коефициентот (C_p) се определува:

C_p -коефициент на прелевање

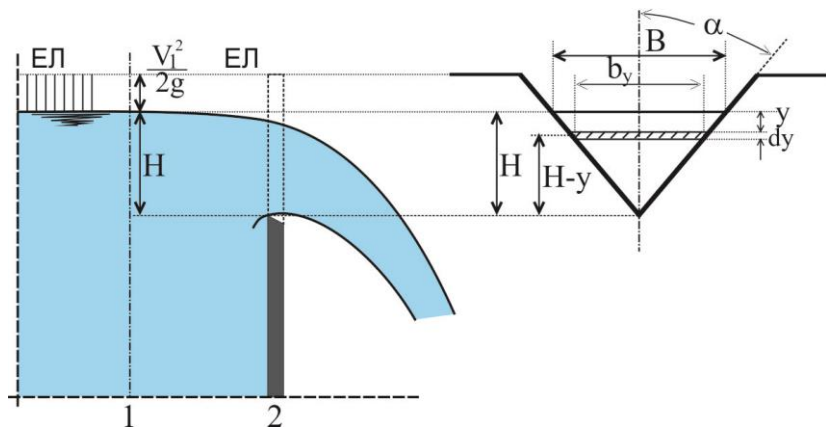
$$\frac{q}{\sqrt{g} H^{3/2}} = F(R_e, W_e, \frac{P}{H})$$

$$C_p = 0.605 + 0.08 \frac{H}{P} + \frac{1}{1000H}$$

$$q = \frac{Q}{B} \quad [m^2/s]$$



Триаголен преливник



$$V_2 = \sqrt{2g\left(y + \frac{V_1^2}{2g}\right)}$$

$$V_2 = \sqrt{2gy}$$

$$dQ = V_2 dA = b_y dy \sqrt{2gy}$$

$$b_y = 2(H - y) \operatorname{tg} \alpha$$

$$Q = 2 \operatorname{tg} \alpha \sqrt{2g} \int_0^H (H - y) y^{1/2} dy$$

$$Q = \frac{8}{15} \operatorname{tg} \alpha C_P \sqrt{2g} H^{5/2}$$

$$C_P = 0.56 + \frac{0.70}{R_e^{0.165} W_e^{0.170}}$$

$$H > 0.06 \text{ m}$$

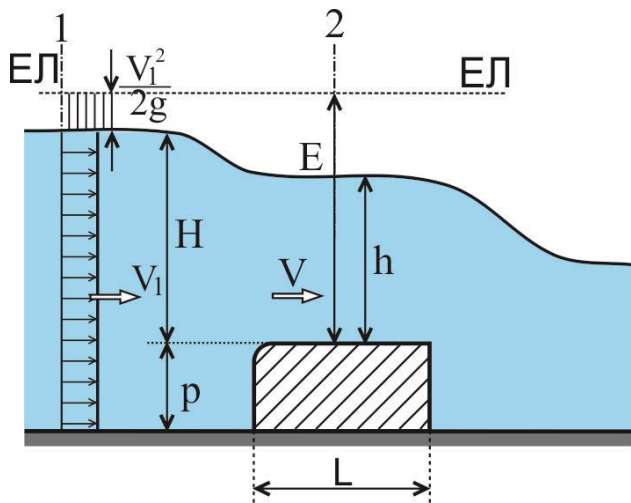
$$R_e > 300$$

$$W_e > 300$$

$$C_P = 0.59$$



Преливник со широк праг



Енергетска равенка во пресек 1-1 и 2-2 во однос на р.р.:

$$H + \frac{V_1^2}{2g} = h + \frac{V^2}{2g} \Rightarrow v = \sqrt{2g \left[\left(H + \frac{\alpha V_1^2}{2g} \right) - h \right]} = \sqrt{2g(E - h)}$$

$$h = h_{kr} = (2/3)E \Rightarrow v = \sqrt{2g \left(E - \frac{2}{3}E \right)} = \sqrt{g \left(\frac{2}{3}E \right)}$$

Равенка на континуитет:

$$Q = AV = (Bh)V$$

$$Q = B \left(\frac{2}{3}E \right) \sqrt{g \left(\frac{2}{3}E \right)} = B \sqrt{g \left(\frac{2}{3}E \right)^{3/2}} \quad C = \frac{1}{3} \left(\frac{E}{H} \right)^{3/2}$$

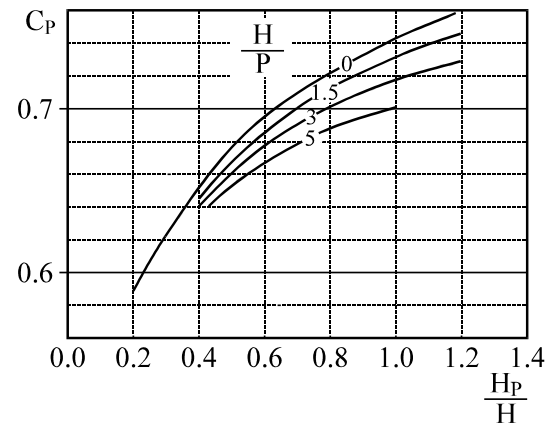
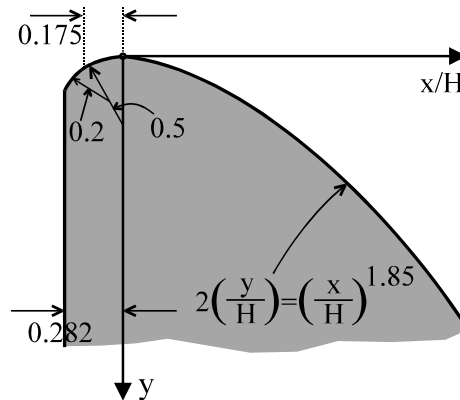
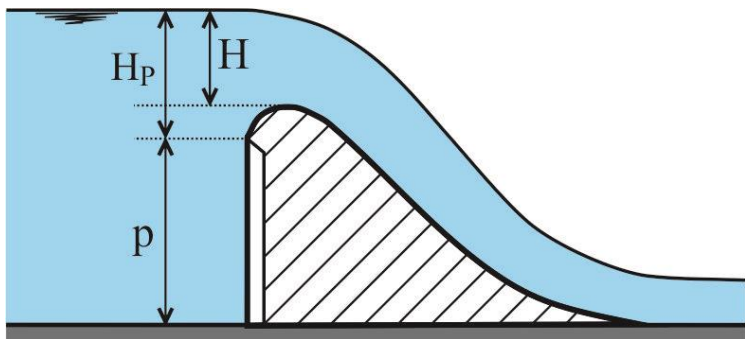
$$Q = C_P B \sqrt{2g} H^{3/2}$$

$$C_P = 0.32 \div 0.35$$

$\left. \begin{array}{l} (P/H \rightarrow \infty) \\ (E \rightarrow H) \\ (E/H = 1) \end{array} \right\}$	$(C = 0,577)$	$\left. \begin{array}{l} (P/H < \infty) \\ (E > H) \\ (E/H > 1) \end{array} \right\}$	$(C > 0,577)$



Преливник со практичен профил

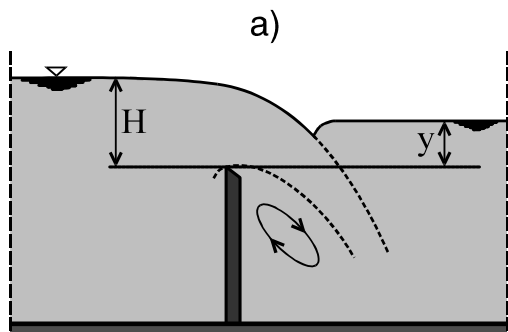


$$Q = C_p B \sqrt{2g} H^{3/2}$$

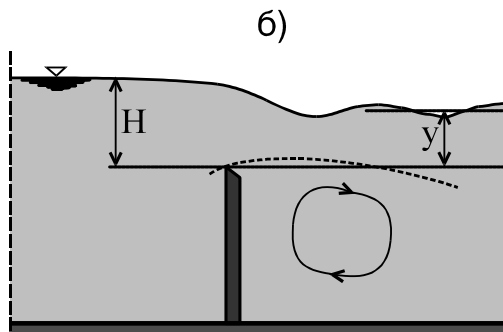
$$C_p = 0.50 - 0.75$$



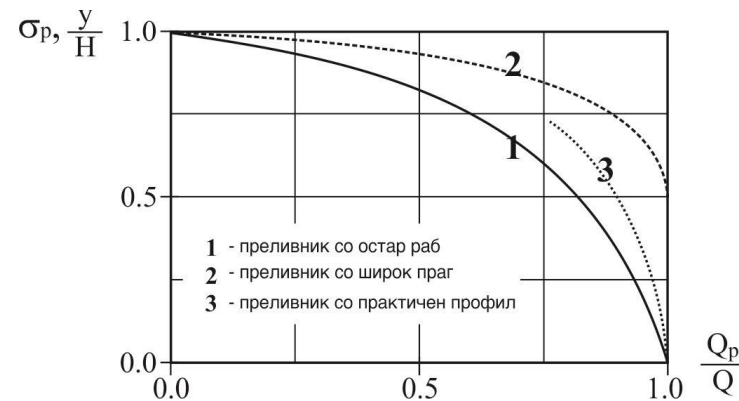
Преливник со широк праг



Слабо изразено потопување



силно изразено потопување



За непотопени преливници: $\sigma_p=1$

$$Q = C_p B \sqrt{2g} H^{3/2}$$

За потопени преливници: $\sigma_p=1$

$$Q_p = \sigma_p \cdot Q = \sigma_p \cdot C_p B \sqrt{2g} H^{3/2}$$