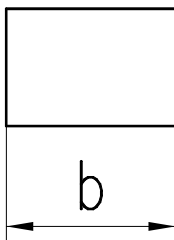
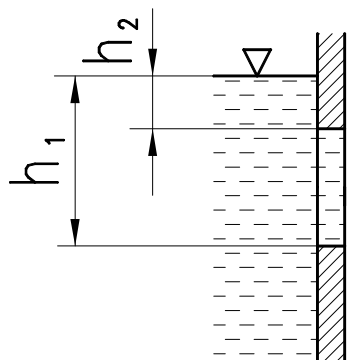


Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	MEC IIIb
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Mechanika III – hydrodynamika a termomechanika, 3. ročník.
Sada číslo:	G-21
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	06
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G-21-06
Název vzdělávacího materiálu:	Výtok velkým obdélníkovým otvorem pod hladinou
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Iva Procházková

Výtok velkým obdélníkovým otvorem pod hladinou

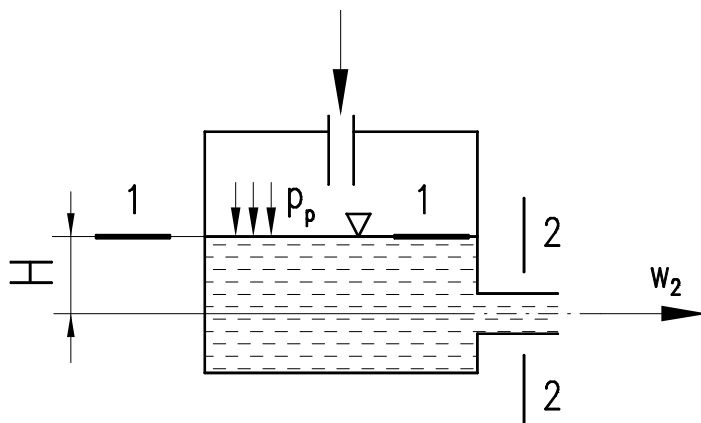


Řešíme jako rozdíl 2 přepadů přes jez:

$$Q_v = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h}$$

$$\begin{aligned}
 Q_v &= Q_{v1} - Q_{v2} = \\
 &= \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h_1 \cdot \sqrt{2g \cdot h_1} - \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h_2 \cdot \sqrt{2g \cdot h_2} = \\
 &= \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(h_1^{\frac{3}{2}} - h_2^{\frac{3}{2}} \right)
 \end{aligned}$$

Př.: Určete výtokovou rychlost vody, která vytéká z nádoby, ve které se udržuje stálá výška $h = 2 \text{ m}$ nad osou výtokového otvoru průřezu $S = 2,2 \text{ cm}^2 = 0,000 22 \text{ m}^2$. Na hladinu kapaliny působí přetlak $p_p = 0,12 \text{ MPa}$. Rychlostní součinitel $\varphi = 0,82$, výtokový součinitel $\mu = 0,8$. Jaký je objemový průtok Q_v ? $w_2 = ?$



$$p_1 = p_b + p_p, \quad p_2 = p_b$$

$$g \cdot H_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{w_1^2}{2} = g \cdot H_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{w_2^2}{2} + \underbrace{e_z}_{\text{nezadáno}}$$

$$g \cdot H + \frac{p_b + p_p}{\rho} + 0 = g \cdot 0 + \frac{p_b}{\rho} + \frac{w_2^2}{2}$$

$$g \cdot H + \frac{p_p}{\rho} + 0 = 0 + \frac{w_2^2}{2}$$

$$10 \cdot 2 + \frac{120000}{1000} = \frac{w_2^2}{2} \rightarrow$$

$$w_{2id} = \sqrt{40 + 240} = \sqrt{280} = 16,73 \text{ m/s}$$

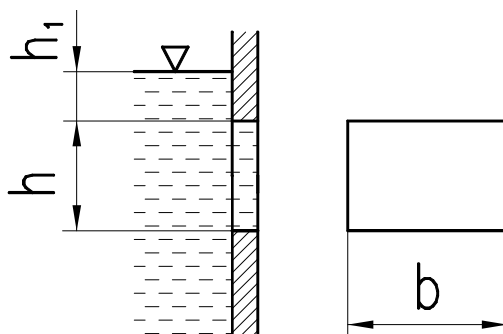
$$w_2 = \varphi \cdot w_{2id} = 0,82 \cdot 16,73 = 13,72 \text{ m/s}$$

$$Q_V = S_2 \cdot w_2 \cdot \mu = 0,00022 \cdot 16,73 \cdot 0,8 = 0,00294 \text{ m}^3/\text{s} = 2,94 \text{ dm}^3/\text{s} = 2,94 \text{ l/s}$$

Př.: Určete, jaké množství vody protéká řekou, je-li šířka jezu $b = 10 \text{ m}$ a výška hladiny $h = 0,2 \text{ m}$, výtokový součinitel $\mu = 0,92$.

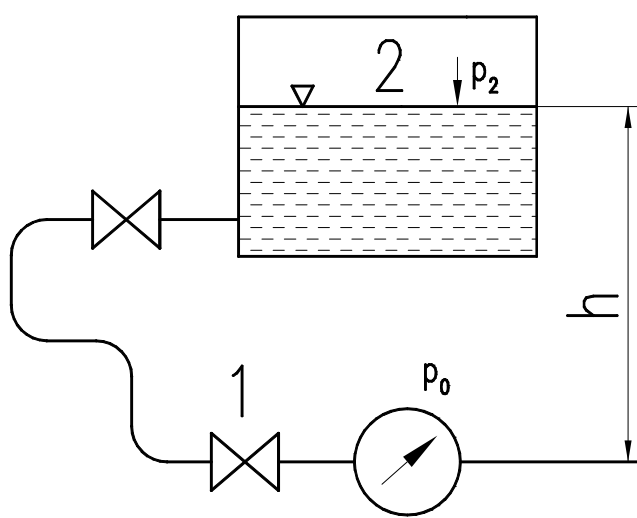
$$Q_V = S \cdot \frac{2}{3} \cdot w_2 \cdot \mu = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \overbrace{b}^S \cdot \overbrace{h}^w \cdot \sqrt{2g \cdot h} = \frac{2}{3} \cdot 0,92 \cdot 10 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2g \cdot 0,2} = 2,453 \text{ m}^3/\text{s}$$

Př.: 1,5 m pod hladinou je velký obdélníkový otvor $b = 1 \text{ m}$, $h = 300 \text{ mm}$. Určete objemový průtok Q_V otvorem, je-li výtokový součinitel $\mu = 0,85$. $h_1 = 1,5 \text{ m}$.



$$Q_V = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \sqrt{(h_1 + h)^3 - (h_1)^3} = \frac{2}{3} \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot \sqrt{2 \cdot 10} \cdot \sqrt{1,8^3 - 1,5^3} = 3,97 \text{ m}^3/\text{s}$$

Př.: Určete tlak p_0 , který musí vyvodit čerpadlo dopravující vodu do nádrže, ve které je tlak $p_2 = 0,5 \text{ MPa}$, délka potrubí je 800 m , světlost $d = 60 \text{ mm}$, rychlost proudění $w = 1 \text{ m/s}$. V potrubí jsou zařazeny 2 ventily $\xi_1 = 5$ a 10 pravoúhlých kolen $\xi_2 = 0,25$. Výškový rozdíl mezi hladinou nádrže a čerpadlem je $h = 40 \text{ m}$. $p_b = 1,05 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, kinematická viskozita $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Použijeme Bernoulliho rovnici v bodech 1 – 2:



$$g \cdot H_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{w_1^2}{2} = g \cdot H_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{w_2^2}{2} + e_z$$

$$R_e = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{1 \cdot 0,06}{10^{-6}} = 60000 \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

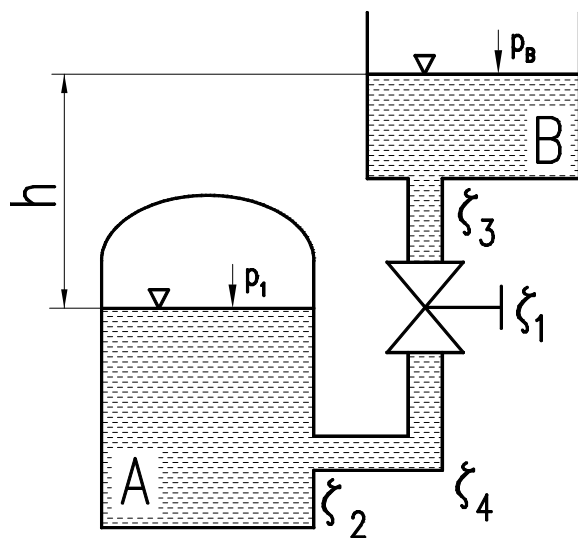
$$\lambda_t = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{60000}} = 0,02$$

$$e_z = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_i \right) \cdot \frac{w^2}{2} = \left(0,02 \cdot \frac{800}{0,06} + 2 \cdot 5 + 10 \cdot 0,25 \right) \cdot \frac{1^2}{2} = 139,58 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$0 + \frac{p_0}{10^3} + \frac{1^2}{2} = 10 \cdot 40 + \frac{0,5 \cdot 10^5}{10^3} + 0 + 139,58$$

$$p_o = 1000 \cdot (400 + 500 - 0,5 + 139,58) = 1039080 \text{ Pa} = 1,039 \text{ MPa}$$

Př.: Z nádrže A je vytlačována voda do nádrže B svislým ocelovým potrubím o průměru $d = 50 \text{ mm}$, délky $l = 3 \text{ m}$. Rozdíl hladin v obou nádržích $h = 3,5 \text{ m}$. Určete velikost tlaku p_1 v nádobě A, který zajistí průtok $Q_v = 6 \text{ l/s}$ do horní nádrže B, $p_b = 98,1 \text{ kPa}$. Do potrubí je vřazen kohout $\xi_1 = 3,6$, součinitel tření $\lambda = 0,039$, odporový součinitel vtoku do potrubí $\xi_2 = 0,5$, do horní nádrže $\xi_3 = 1$, součinitel náhlé změny směru potrubí $\xi_4 = 1,1$.



$$Q_v = 6 \text{ l/s} = 6 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,006 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_v = S_1 \cdot w_1 \rightarrow w_1 = \frac{Q_v}{S_1} = \frac{0,006 \cdot 4}{\pi \cdot 0,05^2} = 3,0557 \text{ m/s}$$

$$g \cdot h_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{w_1^2}{2} = g \cdot H_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{w_2^2}{2} + e_z$$

$$e_z = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi_i \right) \cdot \frac{w^2}{2} =$$

$$= \left(0,039 \cdot \frac{3}{0,05} + 6,2 \right) \cdot \frac{3,0557^2}{2} = 39,87 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$0 + \frac{p_1}{\rho} + 0 = g \cdot h + \frac{p_b}{\rho} + 0 + e_z$$

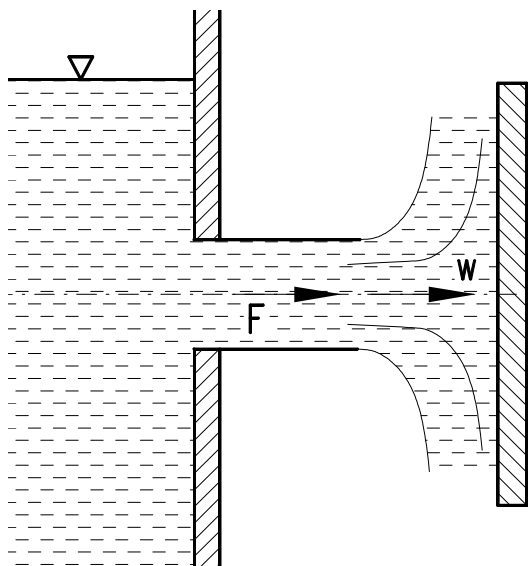
$$p_1 = \rho \cdot \left(g \cdot h + \frac{p_b}{\rho} + e_z \right) =$$

$$= 1000 \cdot \left(9,81 \cdot 3,5 + \frac{98100}{1000} + 39,87 \right) = 172307 \text{ Pa} =$$

$$= 0,172307 \text{ MPa}$$

Dynamické účinky proudu kapaliny

Dynamický účinek proudu na pevnou desku



Silové působení proudu můžeme odvodit ze vztahu impuls síly a hybnost.

impuls hybnost

$$\overbrace{F \cdot t}^{\text{impuls}} = \overbrace{m \cdot w}^{\text{hybnost}}$$

$$F = \frac{m}{t} \cdot w = Q_m \cdot w = Q_v \cdot \rho \cdot w$$

$$\boxed{F = Q_v \cdot \rho \cdot w}$$

w – relativní rychlost dopadu proudu na desku.

Seznam použité literatury:

- MRŇÁK L. – DRDLA A.: *MECHANIKA – Pružnost a pevnost pro střední průmyslové školy strojnické*. Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA II – Kinematika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA III – Dynamika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- JULINA M., KOVÁŘ J., VENCLÍK V., *MECHANIKA IV – Mechanika tekutin a termomechanika pro střední průmyslové školy strojnické*, Praha: SNTL, 1977.
- TUREK, I., SKALA, O., HALUŠKA J.: *MECHANIKA – Sbírka úloh*. Praha: SNTL, 1982.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 5. doplněné vydání. Praha: Albra, 2011. ISBN 80-7361-033-7.