

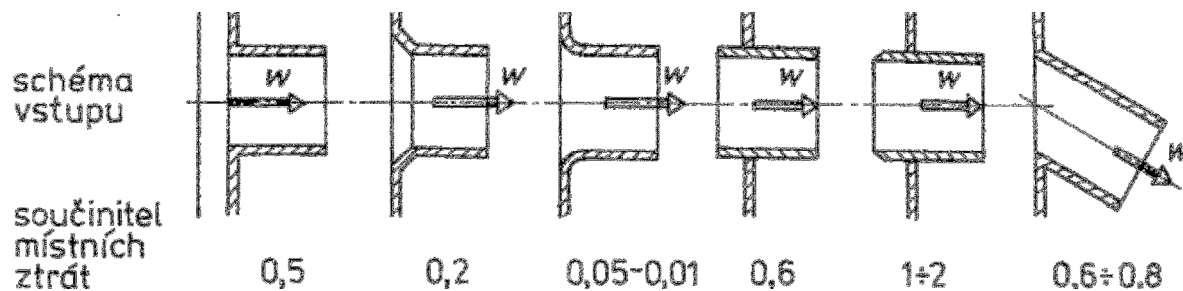
Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	<b>MEC IIIb</b>
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Mechanika III – hydrodynamika a termomechanika, 3. ročník.
Sada číslo:	<b>G-21</b>
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	<b>04</b>
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G-21-04
Název vzdělávacího materiálu:	<b>Ztráty místními odpory</b>
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Iva Procházková

## Ztráty místními odpory (změna průřezu, směru)

$$p_z = \xi \cdot p_D = \xi \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2}$$

$\xi$  – [ksí] **součinitel místního vlivu** (ztrát). Závisí na Reynoldsově čísle  $Re$ , druhu ztráty, drsnosti potrubí a rozložení rychlosti při proudění. Určuje se měřením na zkušebnách.

**Součinitel místních ztrát při vstupu do potrubí:**



**Součinitel místních ztrát změnou průřezu:**

změna průřezu	rozšíření								zúžení							
	pозvolné				náhlé				pозvolné				náhlé			
náčrt																
—	$\nabla \sigma [^\circ]$				$\frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$				$\nabla \sigma [^\circ]$				$\frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$			
součinitel místních ztrát $\xi$	5°	10°	20°	30°	1,5	2	2,5	3	30°	45°	60°		0,1	0,2	0,4	0,8
	0,05	0,25	0,5	0,7	0,25	1	2,2	4	0,02	0,04	0,07		0,45	0,38	0,33	0,15

Průtok skutečných kapalin potrubím počítáme pomocí dvou rovnic:

$$S_1 \cdot w_1 = S_2 \cdot w_2$$

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

$$e_z - \text{energie ztrátová, } e_z = \frac{p_z}{\rho} = g \cdot H_z$$

Ztrátová energie je dána součtem ztrát třením kapaliny a ztrát způsobených místními vlivy.

$$p_z = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot p_D = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2}$$

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

**Př.:** Vypočítejte úbytek tlaku  $\Delta p_z$  a ztrátovou výšku  $h_z$  v potrubí o průměru  $D = 150$  mm, jestliže potrubím protéká objemové množství  $Q_V = 3,55$  l/s ( $\text{dm}^3/\text{s}$ ) vody, délka potrubí  $l = 80$  m, kinematická viskozita [ný]  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ;  $\Delta p_z = ?$ ,  $h_z = ?$

$$Q_V = S_1 \cdot w_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_1 \rightarrow$$

$$w_1 = \frac{4 \cdot Q_V}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 3,55}{\pi \cdot 1,5^2} = 2 \text{ dm/s} = 0,2 \text{ m/s}$$

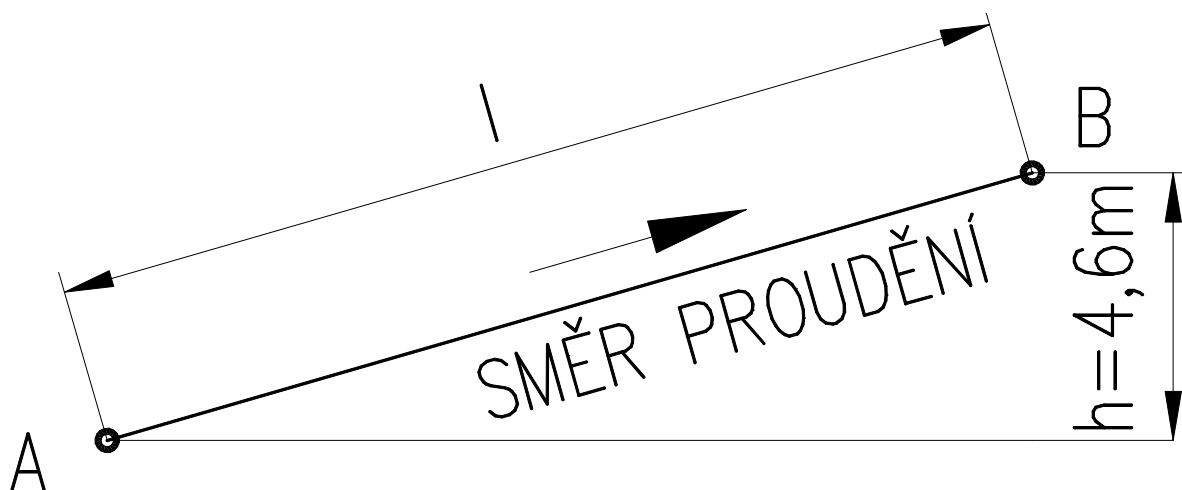
$$R_e = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,2 \cdot 0,15}{10^{-6}} = 30000 \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

$$\lambda_t = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{30000}} = 0,024$$

$$\Delta p_z = \rho \cdot \lambda_t \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} = 1000 \cdot 0,024 \cdot \frac{80}{0,15} \cdot \frac{0,2^2}{2} = 256 \text{ Pa}$$

$$e_z = g \cdot h_z = \frac{p_z}{\rho} \rightarrow h_z = \frac{p_z}{g \cdot \rho} = \frac{256}{10 \cdot 1000} = 0,0256 \text{ m}$$

**Př.:** Vypočítejte tlak v místě A potrubí konstantního průměru  $d = 150 \text{ mm}$ , kterým proudí voda rychlostí  $w = 0,8 \text{ m/s}$ . Kinematická viskozita [ný]  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . Délka potrubí  $l = 560 \text{ m}$ . Svislá vzdálenost bodů A – B =  $4,6 \text{ m}$ . Tlak v místě B  $p_B = 225,3 \text{ kPa}$ ,  $w = \text{konst.}$   $p_A = ?$



$$R_e = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,8 \cdot 0,15}{10^{-6}} = 120000 \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

$$\lambda_t = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{R_e}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{120000}} = 0,017$$

$$e_z = \frac{p_z}{\rho} = \frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} = \frac{0,017 \cdot 560}{0,15} \cdot \frac{0,8^2}{2} = 20,3 \text{ J/kg}$$

$$g \cdot h_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{w_1^2}{2} = g \cdot h_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{w_2^2}{2} + e_z$$

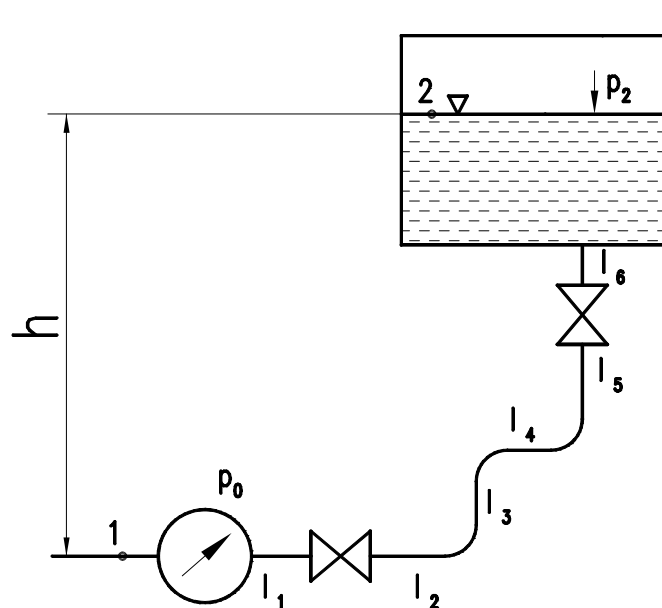
$D = \text{konstanta, proto } w_A = w_B$

$$\frac{p_A}{\rho} = g \cdot (h_B - h_A) + \frac{p_B}{\rho} + e_z$$

$$p_A = \rho \cdot g \cdot \overbrace{(h_B - h_A)}^h + p_B + \rho \cdot e_z = \rho \cdot g \cdot h + p_B + \rho \cdot e_z =$$

$$= 1000 \cdot 10 \cdot 4,6 + 225300 + 1000 \cdot 20,3 = 291600 \text{ Pa} = 291,6 \text{ kPa}$$

**Př.:** Určete tlak  $p_0$ , který musí vyvodit čerpadlo dopravující vodu do nádrže, ve které je nad hladinou tlak  $p_2 = 333,5 \text{ kPa}$  potrubím o průměru  $d = 50 \text{ mm}$  a celkové délce  $l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 = 500 \text{ m}$ . Svislá vzdálenost hladiny vody v nádrži od čerpadla  $h = 28 \text{ m}$ , rychlost proudění vody  $w = 72 \text{ m/min}$ . V potrubí jsou 2 ventily  $\xi_1 = 5$  a 3 pravouhlá kolena  $\xi_2 = 0,25$ ; kinematická viskozita  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ . Rychlost na hladině zanedbejte.



$$h = 28 \text{ m}$$

$$\sum l = 500 \text{ m}$$

$$d = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$$

$$p_2 = 333,5 \text{ kPa}$$

$$w = 72 \text{ m/min} = 1,2 \text{ m/s}$$

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

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

$$R_e = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{1,2 \cdot 0,05}{10^{-6}} = 60000 \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

$$\lambda_t = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{R_e}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{60000}} = 0,020$$

$$e_z = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + 2\xi_1 + 3\xi_2 \right) \cdot \frac{w^2}{2} = \left( 0,02 \cdot \frac{500}{0,05} + 2 \cdot 5 + 3 \cdot 0,25 \right) \cdot \frac{1,2^2}{2} = 151,74 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$0 + \frac{p_0}{10^3} + \frac{1,2^2}{2} = 10 \cdot 28 + \frac{333500}{10^3} + \frac{0}{2} + \overbrace{151,74}^{e_z}$$

$$p_o = (280 + 333,5 + 151,74 - 0,72) \cdot 10^3 = 764520 \text{ Pa} = 0,765 \text{ MPa}$$

## 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.