

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:	03
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_G–21–03
Název vzdělávacího materiálu:	Ustálený tok skutečných tekutin
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Iva Procházková

Ustálený tok skutečných tekutin

Proudění skutečných tekutin (kapalin, plynů) potrubním je vždy provázeno ztrátami mechanické energie. Část mechanické energie proudu tekutiny se vlivem tření a víření tekutiny přemění bez užítu v tepelnou energii, kterou již nedokážeme přeměnit. Tento jev se v termomechanice nazývá **škrcení**. Při škrcení kapalin vyšších teplot blízko bodu varu a reálných plynů teplota klesá, u kapalin nižších teplot se přeměna ztracené mechanické energie projeví jen nepatrným zvýšením teploty.

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

Vazkost tekutin

Proudí-li skutečná tekutina, proti jejímu pohybu působí vnitřní tření tekutiny tzv. **vazkost**.

Je-li tekutina v klidu, vazkost se neprojevuje. Vzdušiny mají malou vazkost, naopak kapaliny, zejména některé (olej, dehet, glycerin), jsou velmi vazké.

Při pohybu skutečných tekutin vznikají následkem vazkosti vnitřní tekutiny tečné síly (napětí) mezi jednotlivými vrstvami, čímž dochází ke vzájemnému ovlivňování pohybu. U stěn v tzv. mezní vrstvě se tekutina nepohybuje, rychlost je nulová.

Mírou vazkosti je **dynamická viskozita – η** [éta] $[kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}]$

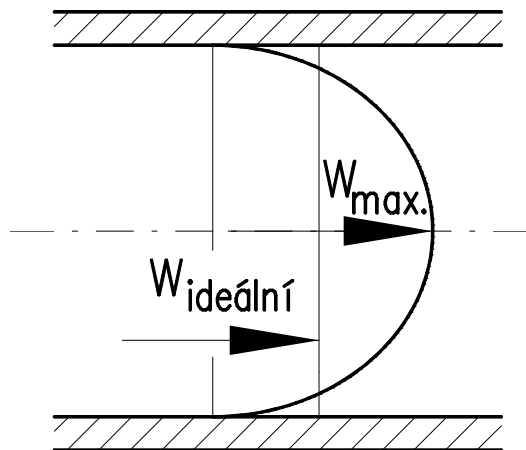
Dynamická viskozita se nemění se změnou tlaku, naopak značně závisí na teplotě. U kapalin s rostoucí teplotou klesá, u plynů s rostoucí teplotou roste. Při ohřátí jsou proto kapaliny řidší, plyny viskóznější.

Kinematická viskozita $\nu = \frac{\eta}{\rho} [m^2 \cdot s^{-1}]$ [ný] je odvozená veličina. Závisí na změně teploty, u plynů i na změně tlaku. S tlakem roste hustota plynů, kinematická viskozita klesá.

Proudění skutečné tekutiny

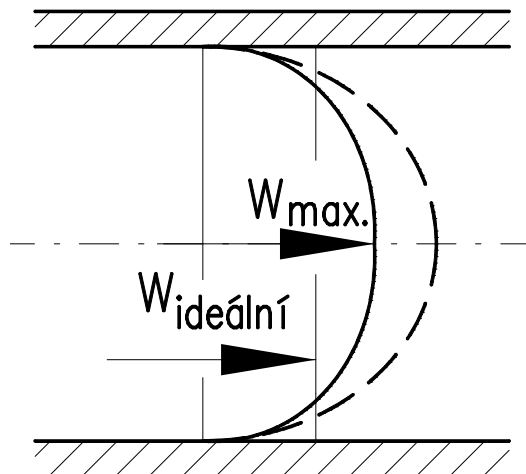
Může být:

a) Laminární (vláknové):



Proudnice – dráhy, po kterých se pohybují jednotlivé elementy, jsou navzájem rovnoběžné. V různé vzdálenosti od osy potrubí se jednotlivé elementy pohybují různými rychlostmi. Největší rychlost je v ose potrubí. Rychlost je rozložena podle paraboly. V praxi se s tímto prouděním setkáváme při proudění vazkých tekutin malou rychlostí $w_{\max} = 2 \cdot w_{\text{ideální}}$

b) Turbulentní:



Při překročení určité rychlosti proudění tekutiny se proudnice začnou vzájemně prolínat.

$$w_{\max} = 1,2 \cdot w_{\text{ideální}}$$

Druh proudění posuzujeme podle Reynoldsova čísla

$$R_e = \frac{w \cdot d}{\nu} \text{ [bezrozměrné číslo]}$$

w – rychlost proudění;

d – průměr;

ν – kinematická viskozita;

$R_e < 2320$ – laminární proudění;

$R_e > 10000$ – turbulentní proudění;

$2320 < R_e < 10000$ – přechodné proudění.

Hydraulické ztráty

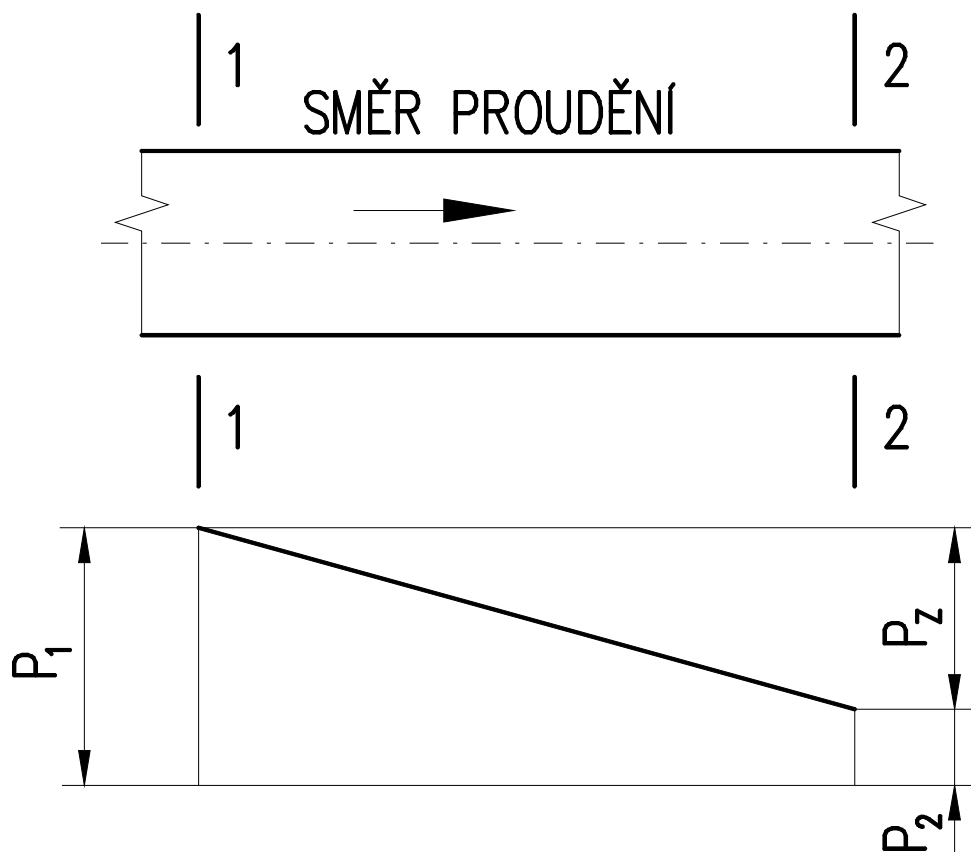
Hydraulické ztráty vznikající při proudění tekutin dělíme podle příčin vzniku:

a) ztráty způsobené **třením tekutiny o stěny potrubí**;

b) ztráty **místními vlivy** (vřazenými odpory), za které považujeme **jakékoliv změny směru proudění a jakékoliv změny průřezu**.

Ztráty způsobené třením tekutiny o stěny potrubí

Při průtoku ideální tekutiny zůstává tlak ve vodorovném potrubí konstantní. Při průtoku skutečných kapalin vodorovným potrubím konstantního průřezu je tlak v průřezu 2 – 2 menší než v průřezu 1 – 1.



Tlaková ztráta je dána rozdílem tlaků ve vstupním průřezu 1 – 1 a výstupním průřezu 2 – 2:

$$p_1 - p_2 = p_z$$

$$\text{Dynamický tlak: } p_D = \rho \cdot \frac{w^2}{2}$$

$$p_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \overbrace{\frac{w^2}{2}}^{p_D} \cdot \rho = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot p_D$$

Tato tlaková ztráta je úměrná délce potrubí a dynamickému tlaku proudu a nepřímo úměrná světlosti potrubí.

λ – odporový součinitel, který je závislý na druhu proudění.

$$\text{Laminární: } \lambda_l = \frac{64}{Re}$$

$$\text{Turbulentní: } \lambda_t = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

Př.: Potrubím světlosti 20 mm proudí rychlostí $v = 3 \text{ m/s}$ olej teploty 50°C . Určete hodnotu odporového součinitele λ a velikost tlakové ztráty, je-li délka potrubí $l = 20 \text{ m}$; $\rho = 928 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; dynamická viskozita $\eta = 0,22 [\text{kg} / \text{m} \cdot \text{s}]$.

Kinematická viskozita:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} = \frac{0,22}{928} = 0,000237 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{3 \cdot 0,02}{0,000237} = 253,16 \rightarrow \text{laminární proudění}$$

$$\text{Odporový součinitel: } \lambda_l = \frac{64}{Re} = \frac{64}{253,16} = 0,2528 [-]$$

$$\text{Tlaková ztráta: } p_z = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \overbrace{\frac{w^2}{2}}^{p_D} \cdot \rho = 0,2528 \cdot \frac{20}{0,02} \cdot \frac{3^2}{2} \cdot 928 = 1055692,8 \text{ Pa} \doteq 1,1 \text{ MPa}$$

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.