

Tato Příloha **284** je součástí článku [12. Základní rovnice lopatkových strojů](http://www.transformacni-technologie.cz/zakladni-rovnice-lopatkovych-stroju.html), [http://www.transformacni-technologie.cz/zakladni-rovnice-lopatkovych-stroju.html](http://www.transformacni-technologie.cz/en_zakladni-rovnice-lopatkovych-stroju.html).
[12. Essential equations of turbomachines](http://www.transformacni-technologie.cz/en_zakladni-rovnice-lopatkovych-stroju.html),
http://www.transformacni-technologie.cz/en_zakladni-rovnice-lopatkovych-stroju.html.

Důkaz tvrzení, že výslednice sil od nestlačitelné tekutiny je kolmá na střední aerodynamickou rychlost

Kontrolním objemem elementárního profilu proudí elementární množství pracovní kapaliny dm . Na axiální elementární profil výšky dr působí elementární síla dF , která má složky dF_a a dF_u .

Síla na elementární axiální profil svírá s obvodovým směrem úhel ε :

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{dF_a}{dF_u}$$

$$dF_a = dH_{1,a} - dH_{2,a} + dF_{h,a} + dF_{p,a} \quad [12. \text{id}196].$$

Protože pro nestlačitelného proudění $c_{1a} = c_{2a} = c_a$ potom změna hybnosti v axiálním směru je nulová, zanedbáním tíhových sil:

$$dF_a = dF_{p,a} = dF_p = (p_1 - p_2) s \cdot dr$$

$p_1 - p_2 = ?$ jedná se nestlačitelné proudění, pro které lze aplikovat Bernoulliho rovnici [11. id543] bez uvažování vnějšího zrychlení, jehož vliv lze při proudění po

válcových plochách lze zanedbat:

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{w_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{w_2^2}{2} \rightarrow p_1 - p_2 = \rho \frac{1}{2} (w_2^2 - w_1^2)$$

$w_1^2 = w_{u1}^2 + w_{a1}^2$; $w_2^2 = w_{u2}^2 + w_{a2}^2$ zároveň platí pro axiální složku $w_{a1} = w_{a2} = w_{st,a}$

$$p_1 - p_2 = \rho \frac{1}{2} [(w_{u2}^2 + w_a^2) - (w_{u1}^2 + w_a^2)] = \rho \frac{1}{2} [(w_{u2}^2 - w_{u1}^2)] =$$

$$= \rho \frac{w_{u2} + w_{u1}}{2} (w_{u2} - w_{u1}) = \rho \cdot w_{st,u} (w_{u2} - w_{u1})$$

$$dF_a = \rho \cdot w_{st,u} \cdot (w_{u2} - w_{u1}) \cdot s \cdot dr$$

$dF_u = dH_{1,u} - dH_{2,u} + dF_{h,u} + dF_{p,u}$ při zanedbání vlivu tíhových sil tlakové síly se v obvodovém směru vyruší.

$$dF_u = dH_{1,u} - dH_{1,u} = (c_{u1} - c_{u2}) d\dot{m}$$

$$d\dot{m} = \rho \cdot c_a \cdot s \cdot dr$$

$$dF_u = (c_{u1} - c_{u2}) \cdot \rho \cdot c_a \cdot s \cdot dr$$

$$c_a = w_{st,a}$$

**Poznámka*

Absolutní rychlost je součtem:

$$\vec{c} = \vec{w} + \vec{u} \rightarrow c_a = w_a; c_r = w_r; c_u = w_u + u \text{ takže pro } u_1 = u_2:$$

$$c_{1u} - c_{u2} = w_{u1} + u_1 - (w_{u2} + u_1) = w_{u1} - w_{u2}$$

$$c_a = w_a = w_{st,a}$$

$$\text{tg} \varepsilon = \frac{\rho \cdot w_{st,u} (w_{u1} - w_{u2}) \cdot s \cdot dr}{(w_{u2} - w_{u1}) \cdot \rho \cdot w_{st,a} \cdot s \cdot dr} = \frac{w_{st,u}}{-w_{st,a}} \quad (a)$$

$$\text{tg} \beta_{st} = \frac{w_{st,a}}{w_{st,u}} \quad (b)$$

Porovnáním rovnic (a) a (b):

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{1}{-\operatorname{tg} \beta_{\text{st}}} \quad (\text{c}).$$

Aby byl síla d_{Fiz} byla kolmá na střední aerodynamickou rychlost musela by platit rovnost:

$$\varepsilon = \beta_{\text{st}} - \frac{\pi}{2}$$

respektive

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varepsilon = \operatorname{tg} \left(\beta_{\text{st}} - \frac{\pi}{2} \right) &= \frac{\sin \left(\beta_{\text{st}} - \frac{\pi}{2} \right)}{\cos \left(\beta_{\text{st}} - \frac{\pi}{2} \right)} = \frac{\sin \beta_{\text{st}} \cos \frac{\pi}{2} - \cos \beta_{\text{st}} \sin \frac{\pi}{2}}{\cos \beta_{\text{st}} \cos \frac{\pi}{2} + \sin \beta_{\text{st}} \sin \frac{\pi}{2}} = \\ &= \frac{-\cos \beta_{\text{st}}}{\sin \beta_{\text{st}}} = \frac{1}{-\operatorname{tg} \beta_{\text{st}}}. \end{aligned}$$

Výsledek je totožný s rovnicí (c), což je důkaz kolmosti.