

Tato Příloha 275 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](http://www.transformacni-technologie.cz/en_zakladni-rovnice-lopatkovych-stroju.html).

## **Elementární kroučící moment působící k ose rotace rotoru lopatkového stroje od proudu tekutiny protékající stupněm**

Proud tekutiny působí na kanál silou  $F$ , podle Eulerovy rovnice. Z případu vodního kola výkon turbíny se vypočítá z kroučícího momentu a úhlové rychlosti:

$$P = M_k \cdot \omega \quad [12. id255]$$

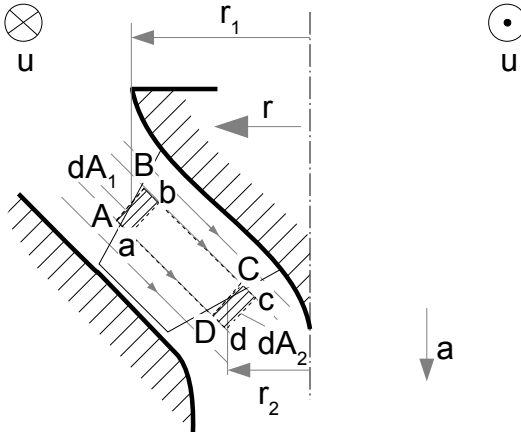
Kroučící moment vyvolává pouze obvodová složka síly  $F$  označována  $F_u$

$M_k = F_u \cdot r$  (pro velmi krátké lopatky na velkém obvodě- střední průměr- prizmatické lopatky),  
 $r$  [m] poloměr na kterém se nachází působíště síly na lopatku od proudu tekutiny.

U krátkých lopatek čistě axiální nebo radiálních není problém určit jak obvodovou složky síly ta její působíště (střední poloměr), ale u složitějších lopatek a proudění (radiálně-axiální) je to složitější. Lze ale dokázat, že pro výpočet kroučícího momentu není nutné znát působíště síly:

V případě diagonálního lopatkového stroje má síla  $F$

složky ve všech směrech tedy i v radiálním, protože do rotoru vstupuje na jiném poloměru než z něj vystupuje:



*Kontrolní objem u diagonální turbíny.*

K odvození kroutícího momentu je dále použita metoda kontrolního objemu. Kroutící moment, kterým rotor působí na tekutinu v procházející rotorem  $M_R$  je rovna změně hybnosti tekutiny protékající strojem za čas (žádná jiná síla působící na tekutinu protékající rotorem nemá složku ve směru obvodovém  $/F_h$  ani  $F_p/$ -jedná se o rotační objem proto bude moment pouze od změny hybnosti proudu tekutiny):

$$M_R = \frac{dK}{d\tau} = -M_K$$

$M_R$  [N·m] moment k ose rotace, kterým lopatky rotoru působí na tekutinu protékající lopatkovými kanály,

$M_K$  [N·m] moment k ose rotace, který vzniká od proudu tekutiny lopatkovými kanály rotoru,

$K$  [m<sup>2</sup>·kg·s<sup>-1</sup>] moment hybnosti tekutiny v lopatkových

kanálech rotoru v okamžiku  $\tau$  ( $K = H_u \cdot r = c_u \cdot m \cdot r$ ).

$dK = ?$

Do elementárního kontrolního objemu, připomínající kuželový prsteneček, proudí tekutina plochou  $dA_1$  a vystupuje plochou  $dA_2$ . Tekutina obsažená v tomto prstenci bude mít v okamžiku  $\tau$  moment hybnosti vůči ose rotace  $dK$ .

Moment, kterým rotor působí na tekutinu obsaženou v kontrolním objemu je tedy:

$$dM_R = \frac{d(dK)}{d\tau} = -dM_K .$$

$$d(dK) = d^2K = ?$$

Kontrolní objem změní, za čas  $d\tau$  své hranice  $ABCD$  na  $A'B'C'D'$ . Přičemž moment hybnosti tekutiny v průřezu těchto dvou objemů zůstane stejný, takže změna moment hybnosti tekutiny v kontrolním objemu bude odpovídat změně hybnosti tekutiny obsažení mimo průřez kontrolních objemů:

$$d^2K = d^2K_1 + d^2K_2$$

$$d^2K_1 = r_1 \cdot c_{1u} \cdot \rho_1 \cdot (-c_{1n}) \cdot d\tau \cdot dA_1 = -r_1 \cdot c_{1u} \cdot d\dot{m}_1 \cdot d\tau$$

$\rho_1 \cdot (-c_{1n}) \cdot dA_1 = -d\dot{m}_1$  (protože rychlost  $c$  směřuje proti kladnému směru normály vstupní plochy,  $-dm_1$  je elementární průtok plochou  $dA_1$  z celkové průtočné plochy oběžného kola):

$$d^2K_2 = r_2 \cdot c_{2u} \cdot \rho_2 \cdot c_{2n} \cdot d\tau \cdot dA_2 = r_2 \cdot c_{2u} \cdot d\dot{m}_2 \cdot d\tau ,$$

$$\tau_2 \cdot c_{2n} \cdot dA_2 = d\dot{m}_2 .$$

$$d^2K = r_2 \cdot c_{2u} \cdot d\dot{m}_2 \cdot d\tau - r_1 \cdot c_{1u} \cdot d\dot{m}_1 \cdot d\tau = (r_2 \cdot c_{2u} - r_1 \cdot c_{1u}) d\dot{m} \cdot d\tau$$

$$d\dot{m}_1 = d\dot{m}_2 = d\dot{m} .$$

$$dM_R = \frac{d^2K}{d\tau} = (r_2 \cdot c_{2u} - r_1 \cdot c_{1u}) d\dot{m} .$$

Kroutící moment k ose stroje, kterým působí tekutina obsažená v kontrolním objemu na rotor:

$$dM_K = (r_1 \cdot c_{1u} - r_2 \cdot c_{2u}) d\dot{m} .$$

Kroutící moment v celém průtočném objemu rotoru bude vyjádřen integrací poslední rovnice.