Příloha **275** článku 12. Základní rovnice lopatkových strojů, http://www.transformacni-technologie.cz/12.html. 12. Essential equations of turbomachines, http://www.transformacni-technologie.cz/en_12.html.

Elementární kroutící moment působící k ose rotace rotoru lopatkového stroje od proudu tekutiny protékající stupněm

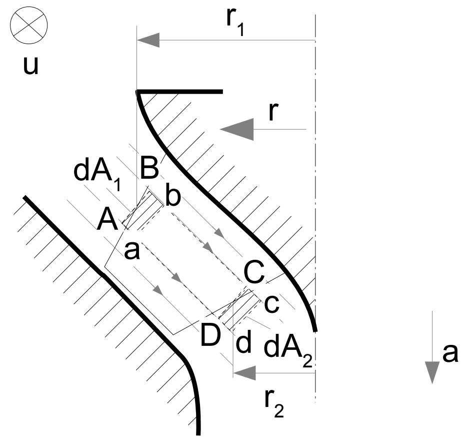
Proud tekutiny působí na kanál silou *F*, podle Eulerovy rovnice. Z případu vodního kola výkon turbíny se vypočítá z kroutícího momentu a úhlové rychlosti:

$P = M_k \cdot \omega$ [12.255]

Kroutící 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 působiště síly na lopatku od proudu tekutiny.

U krátkých lopatek čistě axiální nebo radiálních není problém určit jak obvodovou složky síly ta její působiště (střední poloměr), ale u složitějších lopatek a proudění (radiálně-axiální) je to složitější. Lze ale dokázat, že pro výpočet kroutícího momentu není nutné znát působiště 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 [m²·kg·s⁻¹] moment hybnosti tekutiny v lopatkových kanálech rotoru v okamžiku τ ($K = H_u \cdot r = c_u \cdot m \cdot r$).

dK=?
Do elementárního kontrolního objemu, připomínající kuželový prstenec, proudí tekutina plochou dA_1 a vystupuje plochou dA_2. Tekutina obsažená v tomto prstenci bude mít v okamžiku τ 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 průsečíku těchto dvou objemů zůstane stejný, takže změna moment hybnosti tekutiny v kontrolním objemu bude odpovídat změně hybnosti tekutiny obsažení mimo průsečík 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):

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

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

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

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

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

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.