

## Přílohy

**Příloha 1:** Síla kterou působí voda v kontrolním objemu na stěny potrubí  $F$  je stejná jako síla, kterou působí potrubí na vodu v kontrolním objemu  $F_b$ , ale opačného smyslu. Odtud lze upravit Rovnici 1 do speciálního tvaru vyhovující řešení této úlohy:

$$-\vec{F}_b = - \int_{S_c} \vec{V} d\dot{m} + \vec{F}_h + \vec{F}_p = \vec{F}.$$

Příčemž zadané parametry úlohy jsou:

$d$	$z$	$z_{H_2O}$	$V$
23	1,2	2	4

$d$  [mm],  $z$  [m],  $V$  [ $m \cdot s^{-1}$ ]

**§2:** Integrace rovnice z prvního odstavce je snadná, protože výstup a vstup do kontrolního objemu je pouze v místě 1 a 2 střední rychlostí  $V$ . Příčemž v místě jedna je směr proudění totožný se směrem osy  $z$  (ale proti normále plochy kontrolního objemu) a v místě 2 se směrem osy  $x$ :

$$-\int_{S_c} \vec{V} d\dot{m} = -V \cdot \dot{m} \vec{i} + V \cdot \dot{m} \vec{k}.$$

Jednotlivé složky síly  $F$  působící na potrubí lze tedy vypočítat podle rovnic:

$$F_x = -V \cdot \dot{m} + F_{h,x} + F_{p,x}, \quad F_y = V \cdot \dot{m} + F_{h,y} + F_{p,y}, \quad F_z = F_{h,z} + F_{p,z}.$$

**§3:** Při výpočtu složky síly  $F_x$  lze vycházet z průměru potrubí, hustoty vody (standardní hodnota – nejsou v zadání upřesňující údaje).

Na kapalinu působí pouze vnější gravitační zrychlení  $g$ , které působí v protisměru osy  $z$ .

Na kontrolní objem ve směru  $x$  působí tlak v potrubí  $p_2$  v místě příruby 2 na plochu odpovídající průměru potrubí. Tlak  $p_2$  lze vypočítat pomocí Bernoulliho rovnice z tlaku  $p_1$  a výšky  $z$ . Tlak  $p_1$  lze vypočítat z tlaku  $p_{at}$  a výšky  $z_{H_2O}$ .

$F_{h,x}$	$\rho$	$A$	$m$	$p_{at}$	$g$	$p_1$	$p_2$	$F_{p,x}$
0	1000	415,48	1,6619	101,33	9,81	120,95	109,17	-45,359
$F_x$								
-52,006								

$F$  [N],  $\rho$  [ $kg \cdot m^{-3}$ ],  $A$  [ $mm^2$ ],  $m$  [ $kg \cdot s^{-1}$ ],  $p$  [kPa],  $g$  [ $m \cdot s^{-2}$ ]

**§4:** Tíha  $F_{h,z}$  ve směru osy  $z$  odpovídá součinu gravitačního zrychlení a hmotnosti vody uzavřené v kontrolním objemu, Příčemž objem vody v kolenu potrubí odpovídá přibližně polovině objemu válce o výšce průměru potrubí  $d$ :

$V_C$	$m$	$F_{h,z}$	$F_{p,z}$	$F_z$
0,5033	0,5033	-4,9379	50,250	51,960

$V_C$  [l],  $m$  [kg],  $F$  [N]

§5: Jestliže bude při výpočtu vynechán vliv Coriolisova zrychlení od otáčení země, které způsobí v kontrolním objemu vznik dalších vnější sil, pak síla ve směru  $y$  bude nulová.

**Příloha 2:** Výpočet je proveden podle Rovnice 2 pro lopatkovou mříž. Při řešení úlohy výpočtu je vynechán vliv tíhových sil  $F_h$ , protože není definována orientace oběžného kola vůči směru gravitačního zrychlení a navíc má vzduch velmi malou hustotu:

$$\vec{F} = \vec{V}_1 \cdot \dot{m} - \vec{V}_2 \cdot \dot{m} + \vec{F}_p.$$

Přičemž zadané parametry úlohy jsou:

$m$	$p_1$	$Z$	$r_1$	$r_2$	$V_1$	$V_2$	$\alpha_2$	$b$
88,8	101,33	52	32,5	37,5	3,4	9,34	18,4	30

$m$  [kg·h<sup>-1</sup>],  $p$  [kPa],  $Z$  [-],  $r$ ,  $b$  [mm],  $V$  [m·s<sup>-1</sup>],  $\alpha$  [°]

§2: Lopatky nejsou schopny zachytávat axiální složku síly, což je patrné z jejich orientace a ani absolutní rychlost  $V$  nemá v axiálním směru žádné složky. Síla  $F$  tedy má pouze složku radiální a obvodovou.

Tlak  $p_1$  a  $p_2$  jsou sice stejně vysoké, ale liší se plochy, na které působí, odtud bude radiální složka síly  $F_r$  rovna:

$$F_r = \frac{V_1 \cdot \dot{m} - V_{2r} \cdot \dot{m} + p_1 \cdot b 2\pi(r_1 - r_2)}{Z}.$$

Rovnice pro obvodovou složku síly  $F_\theta$  bude mít po aplikaci výše uvedených závěrů tvar:

$$F_\theta = -\frac{V_{2\theta} \cdot \dot{m}}{Z}.$$

$V_{2r}$	$F_r$	$V_{2\theta}$	$F_\theta$	$F$
2,95	-1,84	-8,863	-0,0042	1,8363

$V$  [m·s<sup>-1</sup>],  $F$  [N]

**Příloha 3:** Výpočet je proveden aplikací Rovnice 2 na kontrolní objem  $V_C$ , který je vyznačen na obrázku a obsahuje všechny lopatky rotoru. Lopatky od proud vody jsou namáhány ve směru axiálním a obvodovém, ve směru radiálním působí voda na skříň turbíny: