

Přílohy

Příloha 1: Řešení úlohy

P1 - §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:

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

Zadané parametry úlohy jsou:

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

d [mm]; z [m]; V [m·s⁻¹]

P1 - §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 . Přičemž v místě 1 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:

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

P1 - §3:

Při výpočtu složky síly F_x lze vycházet z průměru potrubí a hustoty vody, která není zadána, proto počítáme se standardní hodnotou.

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

Za atmosférický tlak dosadíme standardní hodnotu:

ρ	g	p_{at}
1000	9,81	101,33

ρ [kg·m⁻³]; g [m·s⁻²]; p [kPa]

P1 - §4:

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} .

$F_{h,x}$	A	m	p_1	p_2	$F_{p,x}$	F_x
0	415,48	1,6619	120,95	109,17	-45,359	-52,006

F [N]; A [mm²]; m [kg·s⁻¹]; p [kPa]

P1 - §5:

Tíha $F_{h,z}$ ve směru osy- z odpovídá součinu gravitačního zrychlení a hmotnosti vody uzavřené v kontrolním objemu, Přičemž 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]

P1 - §6:

Jestliže bude při výpočtu vynechán vliv Coriolisova zrychlení od otáčení země, které způsobí v kontrolním objemu vznik další vnější síly, pak síla ve směru y bude nulová.

Příloha 2: Řešení úlohy

P2 - §1:

Výpočet je proveden podle Rovnice 2 aplikovanou na kontrolní objem V_C , jehož hranice prochází středem lopatkových kanálů a po vnitřním a vnějším poloměru, viz obrázek. Při 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:

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

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:

$$F_r = V_{1r} \frac{\dot{m}}{Z} - V_{2r} \frac{\dot{m}}{Z} + F_{p,r}$$

$$F_\theta = V_{1\theta} \frac{\dot{m}}{Z} - V_{2\theta} \frac{\dot{m}}{Z} + F_{p,\theta}.$$

Zadané parametry úlohy jsou:

m	p_1	Z	r_1	r_2	V_1	V_2	α_2	b
88,8	101,33	52	32,5	37,5	3,4	9,34	18,4	30

m [kg·h⁻¹]; p [kPa]; Z [-]; r , b [mm] šířka oběžného kola (délka lopatek); V [m·s⁻¹]; α [°]

P2 - §2:

V rovnici pro F_r je neznámou rychlost V_{2r} a síla $F_{p,r}$, přičemž platí $V_{1r}=V_1$. Rychlost V_{2r} lze vypočítat pomocí trigonometrie z V_2 a úhlu α_2 .

Výslednice tlakových sil $F_{p,r}$ bude nenulová, i když se tlaky p_1 a p_2 rovnají. Plocha mezi body AB je totiž větší než plocha CD, takže lze psát:

$$F_{p,r} = - \frac{p_1 2\pi r_2 \cdot b - p_2 2\pi r_1 \cdot b}{Z} = p_1 2\pi b \frac{r_1 - r_2}{Z}.$$

V_{2r}	$F_{p,r}$	F_r
2,948	-1,836	-1,836

V [m·s⁻¹]; F [N]

P2 - §3:

V rovnici pro F_θ je neznámou rychlost $V_{2\theta}$ a síla $F_{p,\theta}$, přičemž platí $V_{1\theta}=0$. Rychlost $V_{2\theta}$ lze vypočítat pomocí trigonometrie z V_2 a úhlu α_2 .

Tlakové síly v obvodovém směru na hranicích BC a DA se vyruší:

$$F_{p,\theta} = 0 \text{ N.}$$

$V_{2\theta}$	F_θ
8,863	-0,0042

V [m·s⁻¹]; F [N]

P2 - §4:

Výslednou sílu F lze vypočítat pomocí Pythagorovy věty:

F
1,8363