

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} .

| | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|----------|------|--------|--------|-----------|
| $F_{h,x}$ | ρ | 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], ρ [$kg \cdot m^{-3}$], 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 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.
Řešení úlohy

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

Přičemž zadané parametry úlohy jsou:

| | | | | | | | | |
|------|--------|-----|-------|-------|-------|-------|------------|-----|
| m | p_1 | Z | r_1 | r_2 | V_1 | V_2 | α_2 | b |
| 88,8 | 101,33 | 52 | 32,5 | 37,5 | 3,4 | 19 | 18,4 | 30 |

m [kg·h⁻¹], p [kPa], Z [-], r, B [mm], V [m·s⁻¹], α [°], ρ [kg·m⁻³]

§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, proto lze pro jednotlivé složky síly F psát:

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

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

| | | | | |
|----------|-------|---------------|------------|--------|
| V_{2r} | F_r | $V_{2\theta}$ | F_θ | F |
| 6 | -1,84 | -18,029 | -0,0086 | 1,8377 |

V [m·s⁻¹], 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.
Řešení úlohy

$$F_\theta = V_{1\theta} \cdot \dot{m} - V_{2\theta} \cdot \dot{m} + F_{h\theta} + F_{p\theta},$$

$$F_a = V_{1a} \cdot \dot{m} - V_{2a} \cdot \dot{m} + F_{ha} + F_{pa}.$$

Přičemž zadané parametry úlohy jsou: