PŘÍLOHA 102: Dynamika tekutin, Proudění plynů a par tryskami, Výpočet hmotnostního toku tryskou

Při výpočtu je zde vycházeno z rovnic pro trysku odvozených pro ideální plyn a proudění beze ztrát. Jedná se o metodickou úlohu, kdy lze postupovat při výpočtu požadovaných veličin v pořadí tak, jak jsou uvedeny v zadání, tedy nejprve rozhodneme zda nastane kritické prouděním, pak provedeme výpočet rychlosti na výtoku a nakonec vypočítáme hmotnostní tok tryskou.

Zadané parametry úlohy jsou:

V_i	p_i	t_i	p_e	A_e	c_p	r	κ
250	1	350	0,25	15	1,01	287	1,4

V [m·s^{-1}]; p [MPa]; t [°C]; A [cm²]; c_p [kJ·kg^{-1}·K^{-1}]; r [J·kg^{-1}·K^{-1}]; κ [1]

P102/2: Zda je proudění v trysce kritické zjistíme tak, že porovnáme celkový tlakový poměr trysky ε_s s kritickým tlakovým poměrem pro suchý vzduchu ε^*_s. Lze také vycházet i z tlakového poměru statických tlaků trysky ε. Jestliže je statický tlakový poměr ε menší než tlakový poměr ε^*_s, tak je jisté, že ke kritickému proudění dojde.

Kritický tlak pro suchý vzduch lze vypočítat pomocí VZORCE 515 (s. 5):

ε^*_s	ε
0,5283	0,25

[1]

Platí $\varepsilon<\varepsilon^*_s$ to znamená, že nastanou kritické podmínky, proto veličiny na výstupu z trysky opatříme indexem *, aby bylo zřejmé, že se jedná v tomto místě o kritický stav.

P102/3: Při výpočtu výtokové rychlosti V_e lze vycházet z ROVNICE 101b (s. 4) V tomto případě je nutné stanovit celkovou absolutní teplotu T_{is}, tlakový poměr v ústí trysky bude kritický.

Celkovou teplotu t_{is} vypočítáme pomocí definiční rovnice celkové entalpie h_s (viz také OBRÁZEK 101, s. 4) rovnice pro výpočet entalpie jako funkce teploty tepelné kapacity při stálém tlaku [Škorpík, 2024]:

$$h_{is}=h_i+\frac{V_i^2}{2},\ c_p\cdot t_{is}=c_p\cdot t_i+\frac{V_i^2}{2},\ t_{is}=t_i+\frac{V_i^2}{c_p\cdot 2}.$$

t_{is}	T_{is}	V^*_e
380,94	654,09	467,97

t [°C]; T [K]; V [m·s^{-1}]

P102/6: Jestliže v trysce bude dosaženo kritického stavu, pak lze pro hmotnostní tok tryskou použít ROVNICI 515 (s. 5).

Celkový tlak na vstupu do trysky p_{is} lze vypočítat z rovnice izoentropy a stavové rovnice ideálních plynů [Škorpík, 2024]:

$$p_{is} \cdot v_{is}^{\kappa} = p_i \cdot v_i^{\kappa},\ v = \frac{r \cdot T}{p} \Rightarrow p_{is} = p_i \left(\frac{T_{is}}{T_i} \right)^{\frac{\kappa}{1-\kappa}}.$$

Ze stavové rovnice ideálního plynu lze také vypočítat měrný objem v_{is}:

χ_{max}	p_{is}	v_{is}	m^*
0,6847	1,1848	158,44	2,8086

p [MPa]; v [$dm^3 \cdot kg^{-1}$]; m [$kg \cdot s^{-1}$]