

CO_2 при давлении $p_1 := 0,6 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 := 490 \text{ }^\circ\text{C}$ с начальной скоростью $w_1 := 140 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ поступает к суживающимся соплам. Давление за соплами $p_{cp} := 0,2 \text{ МПа}$. Определить скорость истечения и площадь выходного сечения сопел, если расход газа составляет $m := 1,8 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$. Трением пренебречь.

Решение

Для определения термодинамических свойств CO_2 используются CoolProp

1) Определим при начальной температуре $t_1 = 763,15 \text{ К}$ параметры CO_2

$$h_1 := \text{CoolProp_Props}(\text{"H"; "T"; } t_1; \text{"P"; } p_1; \text{"CO2"}) = 981,59 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_1 := \text{CoolProp_Props}(\text{"S"; "T"; } t_1; \text{"P"; } p_1; \text{"CO2"}) = 3,3404 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

и рассчитаем по (9.9) параметры полного адиабатного торможения водяного пара на входе в суживающееся

$$h_0 := h_1 + \frac{w_1^2}{2} = 991,39 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

По $h_0 = 991,39 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ определяем s_0

$$s_0 := \text{CoolProp_Props}(\text{"S"; "H"; } h_0; \text{"P"; } p_1; \text{"CO2"}) = 3,3532 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Записав (3.50) для изоэнтропного процесса 1-0 (рис. 9.1)

$$\left(\Delta s_{1-0} = s_0 - s_1 - R \cdot \ln \left(\frac{p_0}{p_1} \right) \right) = 0$$

получаем

$$p_0 := p_1 \cdot e^{\frac{s_0 - s_1}{\frac{R_m}{44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}}} = 0,64195 \text{ МПа}$$

2) Определяем режим течения, для чего рассчитываем β и сравниваем его с $\beta_{кр} := 0,546$

$$\beta := \frac{p_{cp}}{p_0} = 0,31155$$

$$\beta < \beta_{кр} = 1$$

следовательно, режим нерасчетный (рис. 9.15, в) и на срезе суживающегося сопла устанавливается критическое давление, равное

$$p_2 := 0,546 \cdot p_0 = 0,35051 \text{ МПа}$$

3) Определим параметры CO_2 в выходном сечении суживающегося сопла, решив уравнение

$$\text{maple} \left(\text{solve} \left(s_2 = s_1 + \frac{R_m}{44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} \cdot \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right); s_2 \right) \right) = 25,234$$

$$s_2 := 3,442 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

определяем

$$h_2 := \text{CoolProp_Props}(\text{"H"; "S"; } s_2; \text{"P"; } p_2; \text{"CO2"}) = 981,59 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$h_2 := \text{CoolProp_Props} ("H"; "S"; s_2; "P"; p_2; "CO2") = 981,58 \frac{\text{КГ}}{\text{КГ}}$$

$$t_2 := \text{CoolProp_Props} ("T"; "H"; h_2; "P"; p_2; "CO2") = 489,73 \text{ } ^\circ\text{C}$$

после чего рассчитываем

$$v_2 := \frac{R_m}{44 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}} \cdot \frac{t_2}{p_2} = 0,41129 \frac{\text{М}^3}{\text{КГ}}$$

Скорость истечения CO2 из сопла рассчитаем по (9.13)

$$w_2 := 44,72 \cdot \sqrt{h_0 - h_2} = 4427,6 \frac{\text{М}}{\text{С}}$$

4) Площадь выходного сечения сопел рассчитаем, используя уравнение неразрывности (9.30),

$$f_2 := \frac{m \cdot v_2}{w_2} = 1,672 \text{ см}^2$$

Ответ: $w_2 = 4427,6 \frac{\text{М}}{\text{С}}$ $f_2 = 0,0001672 \text{ м}^2$