

Определить потерю эксергии и эксергетический КПД газо-воздушного подогревателя, в котором газ при давлении  $p := 100 \text{ кПа}$  и  $t_1 := 300 \text{ }^\circ\text{C}$  охлаждается до температуры  $t_2 := 80 \text{ }^\circ\text{C}$  Воздух нагревается от начальных параметров  $t_3 := 30 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $p_3 := 1 \text{ МПа}$  до температуры  $t_4 := 160 \text{ }^\circ\text{C}$  при  $p_4 := 900 \text{ кПа}$  Расчёт вести на **1 кг** воздуха. Газ обладает свойствами продуктов сгорания метана. Температура окружающей среды равна  $T_0 := 293,15 \text{ К}$   $m_B := 1$

### Решение

Представим процессы, протекающие в теплообменнике, в диаграмме T, s (рис. 7.7) и с помощью CoolProp найдём значения свойств теплоносителей

Газ:

$$h_1 := \text{CoolProp_Props} \left( \text{"H"}; \text{"P"}; p; \text{"T"}; t_1; \text{"N2"} \right) = 598,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_1 := \text{CoolProp_Props} \left( \text{"S"}; \text{"P"}; p; \text{"T"}; t_1; \text{"N2"} \right) = 7,5249 \cdot \frac{1}{\text{К}} \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$h_2 := \text{CoolProp_Props} \left( \text{"H"}; \text{"P"}; p; \text{"T"}; t_2; \text{"N2"} \right) = 366,56 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_2 := \text{CoolProp_Props} \left( \text{"S"}; \text{"P"}; p; \text{"T"}; t_2; \text{"N2"} \right) = 7,0156 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Воздух:

$$h_3 := \text{CoolProp_Props} \left( \text{"H"}; \text{"P"}; p_3; \text{"T"}; t_3; \text{"Air"} \right) = 427,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_3 := \text{CoolProp_Props} \left( \text{"S"}; \text{"P"}; p_3; \text{"T"}; t_3; \text{"Air"} \right) = 3,2342 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

$$h_4 := \text{CoolProp_Props} \left( \text{"H"}; \text{"P"}; p_4; \text{"T"}; t_4; \text{"Air"} \right) = 560,24 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$s_4 := \text{CoolProp_Props} \left( \text{"S"}; \text{"P"}; p_4; \text{"T"}; t_4; \text{"Air"} \right) = 3,6289 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Из теплового баланса определим массу газа, приходящегося на **1 кг** воздуха

$$m_G := \frac{h_4 - h_3}{h_1 - h_2} = 0,5731$$

Рассчитаем изменения энтропии газа и воздуха, приходящиеся на **1 кг** воздуха

$$\Delta S_G := -m_G \cdot (s_1 - s_2) = -0,29189 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

$$\Delta S_B := m_B \cdot \left( s_4 - s_3 - \frac{R_m}{22 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} \cdot \ln \left( \frac{p_4}{p_3} \right) \right) = 0,43445 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Определим изменение энтропии системы и по (7.7) потерю эксергии

$$\Delta S_{\text{сист.}} := \Delta S_G + \Delta S_B = 0,14255 \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

$$\Delta E := T_0 \cdot \Delta S_{\text{сист.}} = 41,789 \text{ К} \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Для нахождения эксергетического КПД рассчитаем затрату эксергии газа, применив для этого формулу (7.3)

$$E_{\text{затр.}} := m_G \cdot \left( (h_1 - h_2) - T_0 \cdot (s_1 - s_2) \right) = 47,176 \text{ К} \frac{\text{кДж}}{\text{кг К}}$$

Эксергетический КПД определим по формуле (7.9)

$$\eta_{\text{ex}} := 1 - \frac{\Delta E}{E_{\text{затр.}}} = 11,418 \%$$

Ответ:  $\Delta E = 41,789 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$   $\eta_{\text{ex}} = 11,418 \%$

