

Исходные параметры

$$\gamma_1 := 1.36 \quad V_1 := 0.8 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \quad \text{Па} \quad t_1 := -3 \quad \text{C} \quad P_3 := 12.5 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad R_{\text{кр}} := 8314$$
$$T_3 := 620 \quad \text{K}$$

1. Определяем характеристики смеси

$$m_{\text{CO}_2} := 2 \quad \text{кг} \quad m_{\text{H}_2\text{O}} := 1.25 \quad \text{кг} \quad m_{\text{O}_2} := 1.7 \quad \text{кг} \quad m_{\text{N}_2} := 19 \quad \text{кг}$$

Находим массу смеси

$$m_{\text{см}} := m_{\text{CO}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{O}_2} + m_{\text{N}_2} = 23.9 \text{ кг}$$

Находим массовые доли компонентов

$$\omega_{\text{CO}_2} := \frac{m_{\text{CO}_2}}{m_{\text{см}}} = 0.084$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{O}} := \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{см}}} = 0.052$$

$$\omega_{\text{O}_2} := \frac{m_{\text{O}_2}}{m_{\text{см}}} = 0.071$$

$$\omega_{\text{N}_2} := \frac{m_{\text{N}_2}}{m_{\text{см}}} = 0.793$$

$$\omega_{\text{см}} := \omega_{\text{CO}_2} + \omega_{\text{H}_2\text{O}} + \omega_{\text{O}_2} + \omega_{\text{N}_2} = 1 \quad \text{— условие выполняется}$$

Молярные массы компонентов

$$m_{\text{CO}_2_кг} := 44 \frac{\text{кг}}{\text{Кмоль}} \quad m_{\text{H}_2\text{O}_кг} := 18 \frac{\text{кг}}{\text{Кмоль}} \quad m_{\text{O}_2_кг} := 32 \frac{\text{кг}}{\text{Кмоль}} \quad m_{\text{N}_2_кг} := 28.0 \frac{\text{кг}}{\text{Кмоль}}$$

Находим количество вещества компонентов

Пояснение

$$n_{\text{CO}_2} := \frac{m_{\text{CO}_2}}{m_{\text{CO}_2_кг}} = 0.045 \quad \text{Кмоль}$$

кг- крышка
Кмоль

$$n_{\text{H}_2\text{O}} := \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{H}_2\text{O}_кг}} = 0.069 \quad \text{Кмоль}$$

Кмоль

$$n_{\text{O}_2} := \frac{m_{\text{O}_2}}{m_{\text{O}_2_кг}} = 0.053 \quad \text{Кмоль}$$

Кмоль

$$n_{\text{N}_2} := \frac{m_{\text{N}_2}}{m_{\text{N}_2_кг}} = 0.678 \quad \text{Кмоль}$$

Кмоль

Находим количество вещества смеси

$$n_{\text{см}} := n_{\text{CO}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} = 0.846$$

Молярная масса смеси

$$m_{\text{см}_кг} := \frac{m_{\text{см}}}{n_{\text{см}}} = 28.298$$

Находим массовые доли компонентов

$$\chi_{\text{CO2}} := \frac{n_{\text{CO2}}}{n_{\text{см}}} = 0.054$$

$$\chi_{\text{H2O}} := \frac{n_{\text{H2O}}}{n_{\text{см}}} = 0.082$$

$$\chi_{\text{O2}} := \frac{n_{\text{O2}}}{n_{\text{см}}} = 0.063$$

$$\chi_{\text{N2}} := \frac{n_{\text{N2}}}{n_{\text{см}}} = 0.801$$

$$\chi_{\text{см}} := \chi_{\text{CO2}} + \chi_{\text{H2O}} + \chi_{\text{O2}} + \chi_{\text{N2}} = 1 \quad \text{—условие выполняется}$$

Находим удельные газовые постоянные компонентов

$$R_{\text{CO2}} := \frac{R_{\text{кр}}}{m_{\text{CO2_кр}}} = 188.955 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$R_{\text{H2O}} := \frac{R_{\text{кр}}}{m_{\text{H2O_кр}}} = 461.889 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$R_{\text{O2}} := \frac{R_{\text{кр}}}{m_{\text{O2_кр}}} = 259.813 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$R_{\text{N2}} := \frac{R_{\text{кр}}}{m_{\text{N2_кр}}} = 296.823 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Находим удельную газовую постоянную смеси

$$R_{\text{см}} := R_{\text{CO2}} \cdot \omega_{\text{CO2}} + R_{\text{H2O}} \cdot \omega_{\text{H2O}} + R_{\text{O2}} \cdot \omega_{\text{O2}} + R_{\text{N2}} \cdot \omega_{\text{N2}} = 293.803 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Находим теплоёмкость компонентов при постоянном давлении и $t := t_1$

$$C_{p\text{CO2_кр}} := 36.05 + 0.0203 \cdot t - 0.00000642t^2$$

$$C_{p\text{H2O_кр}} := 32.85 + 0.00544 \cdot t$$

$$C_{p\text{O2_кр}} := 29.56 + 0.003404 \cdot t$$

$$C_{p\text{N2_кр}} := 28.97 + 0.002566 \cdot t$$

Находим молярную изобарную теплоёмкость смеси

$$C_{p_крсм} := \chi_{\text{CO2}} \cdot C_{p\text{CO2_кр}} + \chi_{\text{H2O}} \cdot C_{p\text{H2O_кр}} + \chi_{\text{O2}} \cdot C_{p\text{O2_кр}} + \chi_{\text{N2}} \cdot C_{p\text{N2_кр}} = 29.694$$

$$C_p := (a + b \cdot t - c \cdot t^2) \cdot 10^3 = 1049.344 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Из уравнения Майера найдём C_v

$$C_v := (d + b \cdot t - c \cdot t^2) \cdot 10^3 = 755.541 \quad \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Показатель адиабаты

$$k := \frac{C_p}{C_v} = 1.3888642702$$

2. Определяем параметры газовой смеси (P,V,T) во всех точках

Определяем параметры газовой смеси (P,V,T) в точке 1

Процесс 1-2 политропный с показателем политропы

Определяем давление P1 из уравнения состояния PV=RT

$$T1 := t1 + 273$$

$$P1 := \frac{R_{см} \cdot T1}{V1} = 9.916 \times 10^4 \text{ Па}$$

Воспользуемся формулами соотношения для политропных процессов

$$\frac{P2}{P1} := \left(\frac{V1}{V2} \right)^{\gamma} \quad \frac{T2}{T1} := \left(\frac{V1}{V2} \right)^{\gamma-1} \quad \frac{T2}{T1} := \left(\frac{P2}{P1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

В точке 3 процесс изохорный

Определяем объём V3 из уравнения состояния PV=RT

$$V3 := \frac{R_{см} \cdot T3}{P3} = 0.146 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$t3 := T3 - 273 = 347 \text{ C}$$

$$V2 := V3 = 0.146 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$$

$$P2 := P1 \cdot \left(\frac{V1}{V2} \right)^{\gamma} = 1.005 \times 10^6 \text{ Па}$$

$$T2 := T1 \cdot \left(\frac{V1}{V2} \right)^{\gamma-1} = 498.428 \text{ К}$$

$$36.05 \cdot \chi_{\text{CO2}} + 32.85 \cdot \chi_{\text{H2O}} + 29.56 \cdot \chi_{\text{O2}} + 28.97 \cdot \chi_{\text{N2}} = 29.706$$

$$0.0203 \cdot \chi_{\text{CO2}} + 0.00544 \cdot \chi_{\text{H2O}} + 0.003404 \cdot \chi_{\text{O2}} + 0.002566 \cdot \chi_{\text{N2}} = 3.807 \times 10^{-3}$$

$$0.00000642 \cdot \chi_{\text{CO2}} = 3.448 \times 10^{-7}$$

$$a := \frac{36.05 \cdot \chi_{\text{CO2}} + 32.85 \cdot \chi_{\text{H2O}} + 29.56 \cdot \chi_{\text{O2}} + 28.97 \cdot \chi_{\text{N2}}}{\text{mcm_kr}} = 1.0497477$$

$$b := \frac{0.0203 \cdot \chi_{\text{CO2}} + 0.00544 \cdot \chi_{\text{H2O}} + 0.003404 \cdot \chi_{\text{O2}} + 0.002566 \cdot \chi_{\text{N2}}}{\text{mcm_kr}} = 0.0001345$$

$$\text{c} := \frac{0.00000642 \cdot \chi_{\text{CO2}}}{\text{mcm_kr}} = 0.0000000122$$

$$d := a - \frac{R_{\text{cm}}}{10^3} = 0.75594477$$

$$C_p := \left(1.04789789 + 0.0001339 \cdot t - 0.000000012 \cdot t^2 \right) \cdot 10^3 = 1047.4961$$

$$C_v := \left(0.7541799 + 0.0001339 \cdot t - 0.000000012 \cdot t^2 \right) \cdot 10^3 = 753.778$$