



Сагоревање

аудиторне вежбе



1. задатак (текст)

Израчунати састав влажних продуката сагоревања и температуру сагоревања уља за ложење следећег елементарног састава (% m/m):

C	H	O	N	S	W	A
85,95	11,31	0,51	0,31	1,75	0,15	0,02

Коефицијент вишка ваздуха износи $\alpha=1,17$ и ваздух за сагоревање се предгрева на температуру од 290 °C.
Топлотна моћ горива је $H_d=42719$ kJ/kg



1. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника O_{\min} :

$$\begin{aligned} O_{\min} &= 1,867 \cdot g_C + 5,6 \cdot g_H + 0,7 \cdot g_S - 0,7 \cdot g_O = \\ &= 1,867 \cdot 0,8595 + 5,6 \cdot 0,1131 + 0,7 \cdot 0,0175 - 0,7 \cdot 0,0051 = \\ &= 2,247 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \end{aligned}$$

Минимално потребна количина ваздуха L_{\min} :

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21} = \frac{2,247}{0,21} = 10,70 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

Стварно потребна количина ваздуха L_{stv} :

$$L_{\text{stv}} = \alpha L_{\min} = 1,17 \cdot 10,70 = 12,52 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

3



1. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања:

$$V_{\text{CO}_2} = 1,867 \cdot g_C = 1,867 \cdot 0,8595 = 1,605 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

$$V_{\text{SO}_2} = 0,7 \cdot g_S = 0,7 \cdot 0,0175 = 0,012 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 11,2 \cdot g_H + 1,24 \cdot (g_W + g'_W) = 11,2 \cdot 0,1131 + 1,24 \cdot 0,0015 = 1,269 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (1,17 - 1) L_{\min} = 0,21 \cdot (1,17 - 1) \cdot 10,70 = 0,382 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,8 \cdot g_N + 0,79 \cdot L_{\text{stv}} = 0,8 \cdot 0,0031 + 0,79 \cdot 12,52 = 9,893 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

4



1. задатак (решење)

Количина влажних продуката сагоревања:

$$\begin{aligned} V_v &= V_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2} + V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \\ &= 1,605 + 0,012 + 0,382 + 9,893 + 1,269 = 13,161 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \end{aligned}$$

Количина сувих продуката сагоревања:

$$\begin{aligned} V_s &= V_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2} + V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \\ &= 1,605 + 0,012 + 0,382 + 9,893 = 11,982 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \end{aligned}$$

5



1. задатак (решење)

Састав влажних продуката сагоревања:

$$(X_i)_v = \frac{V_{(X_i)}}{V_v} \cdot 100 \quad (\%v/v)$$

Састав сувих продуката сагоревања:

$$(X_i)_s = \frac{V_{(X_i)}}{V_s} \cdot 100 \quad (\%v/v)$$

6



1. задатак (решење)

Састав влажних и сувих продуката сагоревања:

Гас	Влажни (%v/v)	Суви (%v/v)
CO ₂	12,20	13,50
SO ₂	0,09	0,10
O ₂	2,90	3,21
N ₂	75,17	83,19
H ₂ O	9,64	0

7



1. задатак (решење)

Енталпија ваздуха загрејаног на $t_{\text{vaz}} = 290 \text{ }^{\circ}\text{C}$
(спец.топл.капацитет ваздуха узет из ТЗ.5.2):

$$h_{\text{vaz}} = c_{p_{\text{vaz}}} \cdot t_{\text{vaz}} = 1,318 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}} \right) \cdot 290(^{\circ}\text{C}) = 382,22 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right)$$

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{\text{spl}} = 1900 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (ТЗ.5.2):

$$\begin{aligned} c_{p_{\text{CO}_2}} &= 2,423 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \right) & c_{p_{\text{SO}_2}} &= 2,384 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}} \right) \\ c_{p_{\text{O}_2}} &= 1,563 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}} \right) & c_{p_{\text{N}_2}} &= 1,477 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}} \right) \\ c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} &= 1,940 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^{\circ}\text{C}} \right) \end{aligned}$$

8



1. задатак (решење)

Израчуната температура сагоревања је:

$$t_{\text{siz1}} = \frac{L_{\text{sv}} \cdot h_{\text{vaz}} + H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{\text{pmi}} \Big|_0^{t_i}} = \frac{12,52 \cdot 382,22 + 42.719}{1,605 \cdot 2,423 + 0,012 \cdot 2,384 + 0,382 \cdot 1,563 + 9,893 \cdot 1,477 + 1,269 \cdot 1,94} = 2200 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Провера:

$$\frac{|t_{\text{iz}} - t_{\text{sp}}|}{t_{\text{sp}}} \cdot 100 \leq 5$$

9



1. задатак (решење)

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{\text{sp2}} = 2200 \text{ }^\circ\text{C}$ (ТЗ.5.2):

$$\begin{aligned} c_{\text{pCO}_2} &= 2,467 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{K}} \right) & c_{\text{pO}_2} &= 2,467 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C}} \right) \\ c_{\text{pO}_2} &= 1,584 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C}} \right) & c_{\text{pN}_2} &= 1,497 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C}} \right) \\ c_{\text{pH}_2\text{O}} &= 1,999 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C}} \right) \end{aligned}$$

Израчуната температура сагоревања је:

$$t_{\text{siz1}} = \frac{L_{\text{sv}} \cdot h_{\text{vaz}} + H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{\text{pmi}} \Big|_0^{t_i}} = \frac{12,52 \cdot 382,22 + 42.719}{1,605 \cdot 2,467 + 0,012 \cdot 2,467 + 0,382 \cdot 1,999 + 9,893 \cdot 1,584 + 1,269 \cdot 1,999} = 2165 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

10



2. задатак (текст)

Гасовито гориво датог састава (% v/v) сагорева при коефицијенту вишка ваздуха износи $\alpha=1,2$ (раздешен горионик). Израчунати:

- а) повећање температуре сагоревања ако се горионик подеси на $\alpha=1,05$;
б) температуру на коју треба загрејати ваздух да би се постигла температура сагоревања као при $\alpha=1,05$.

CO	H_2	CH_4	C_2H_4	O_2	CO_2	N_2
8,4	42,2	27	1,5	0,6	6	14,3

11



2. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника O_{\min} :

$$\begin{aligned} O_{\min} &= 0,5 \cdot (r_{CO} + r_{H_2}) + \sum_{i=1}^k \left(m_i + \frac{n_i}{4} \right) \cdot r_i - r_{O_2} = \\ &= 0,5(0,084 + 0,422) + \left(1 + \frac{4}{4} \right) 0,27 + \left(2 + \frac{4}{4} \right) 0,015 - 0,006 = 0,832 \left(\frac{m^3}{m^3} \right) \end{aligned}$$

Минимално потребна количина ваздуха L_{\min} :

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21} = \frac{0,832}{0,21} = 3,962 \left(\frac{m^3}{m^3} \right)$$

Стварно потребна количина ваздуха L_{stv1} :

$$L_{stv1} = \alpha_1 L_{\min} = 1,2 \cdot 3,962 = 4,754 \left(\frac{m^3}{m^3} \right)$$

12



2. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања:

$$V_{\text{CO}_2} = r_{\text{CO}_2} + r_{\text{CO}} + r_{\text{CH}_4} + \sum_{i=1}^k r_i \cdot m_i = 0,06 + 0,084 + 0,27 + 0,015 \cdot 2 = 0,444 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = r_{\text{H}_2} + r_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{H}_2\text{S}} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k r_i \cdot n_i = 0,422 + 0 + 0 + \frac{1}{2} (0,015 \cdot 4 + 0,27 \cdot 4) = 0,992 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

$$(V_{\text{O}_2})_1 = 0,21 \cdot (\alpha_1 - 1) L_{\text{min}} = 0,21 \cdot (1,2 - 1) \cdot 3,962 = 0,166 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

$$(V_{\text{N}_2})_1 = 0,79 \cdot L_{\text{stv1}} + r_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot 4,754 + 0,143 = 3,899 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

13



2. задатак (решење)

Доња топлотна моћ гасовитог горива:

$$H_d = 107,8 \cdot \text{H}_2 + 126,2 \cdot \text{CO} + 358,7 \cdot \text{CH}_4 + 594,8 \cdot \text{C}_2\text{H}_4 =$$

$$= 107,8 \cdot 42,2 + 126,2 \cdot 8,4 + 358,7 \cdot 27 + 594,8 \cdot 1,5 = 16.186 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right)$$

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{\text{sp1}} = 2000 \text{ }^\circ\text{C}$ (Т3.5.2):

$$c_{p_{\text{CO}_2}} = 2,439 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \right) \quad c_{p_{\text{O}_2}} = 1,570 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right)$$

$$c_{p_{\text{N}_2}} = 1,484 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \quad c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} = 1,960 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right)$$

14



2. задатак (решење)

Израчуната температура сагоревања је:

$$t_{\text{siz1}} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}} = \frac{16.186}{0,444 \cdot 2,439 + 0,166 \cdot 1,57 + 3,899 \cdot 1,484 + 0,992 \cdot 1,96} = 1811 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Провера:

$$\frac{|t_{\text{iz}} - t_{\text{sp}}|}{t_{\text{sp}}} \cdot 100 \leq 5$$

15



2. задатак (решење)

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{\text{sp2}} = 1800 \text{ }^\circ\text{C}$ (ТЗ.5.2):

$$\begin{aligned} c_{p_{\text{CO}_2}} &= 2,406 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \right) & c_{p_{\text{O}_2}} &= 1,555 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \\ c_{p_{\text{N}_2}} &= 1,470 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right) & c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} &= 1,919 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \end{aligned}$$

Израчуната температура сагоревања је:

$$t_{\text{siz2}} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}} = \frac{16.186}{0,444 \cdot 2,406 + 0,166 \cdot 1,555 + 3,899 \cdot 1,47 + 0,922 \cdot 1,919} = 1834 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

16



2. задатак (решење)

а) Стварно потребна количина ваздуха L_{stv2} при коефицијенту вишка ваздуха $\alpha_2=1,05$

$$L_{\text{stv2}} = \alpha_2 L_{\text{min}} = 1,05 \cdot 3,962 = 4,160 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

17



2. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања за $\alpha_2=1,05$:

$$\begin{aligned} V_{\text{CO}_2} &= r_{\text{CO}_2} + r_{\text{CO}} + r_{\text{CH}_4} + \sum_{i=1}^k r_i \cdot m_i = 0,06 + 0,084 + 0,27 + 0,015 \cdot 2 = 0,444 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\ V_{\text{H}_2\text{O}} &= r_{\text{H}_2} + 2r_{\text{CH}_4} + r_{\text{H}_2\text{S}} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k r_i \cdot n_i = 0,422 + 2 \cdot 0,27 + 0 + \frac{1}{2} 0,015 \cdot 4 = 0,922 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\ (V_{\text{O}_2})_2 &= 0,21 \cdot (\alpha_2 - 1) L_{\text{min}} = 0,21 \cdot (1,05 - 1) \cdot 3,962 = 0,042 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\ (V_{\text{N}_2})_2 &= 0,79 \cdot L_{\text{stv2}} + r_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot 4,16 + 0,143 = 3,429 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \end{aligned}$$

18



2. задатак (решење)

а) Израчуната температура сагоревања за претпостављену $t_{sp1}=2000$ °C је:

$$t_{s1} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}} = \frac{16.186}{0,444 \cdot 2,439 + 0,042 \cdot 1,57 + 3,429 \cdot 1,484 + 0,922 \cdot 1,96} = 2012 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

Повећање температуре сагоревања је:

$$\Delta t_s = t_{s2} - t_{s1} = 2012 - 1834 = 178 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

19



2. задатак (решење)

б) Температура сагоревања при загревању ваздуха је:

$$t_s = \frac{L_{stv} \cdot h_{vaz} + H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}}$$

односно при $\alpha_1=1,2$ овај израз има облик:

$$t_s = \frac{L_{stv1} \cdot h_{vaz} + H_d}{V_{CO_2} \cdot c_{pCO_2} + (V_{O_2})_2 \cdot c_{pO_2} + (V_{N_2})_2 \cdot c_{pN_2} + V_{H_2O} \cdot c_{pH_2O}}$$

20



2. задатак (решење)

б) Из услова задатка да температура сагоревања буде иста усвајамо да је $t_s = 2000 \text{ } ^\circ\text{C}$ па су спец.топл.капац.:

$$\begin{aligned} c_{p_{\text{CO}_2}} &= 2,439 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \right) & c_{p_{\text{O}_2}} &= 1,570 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) \\ c_{p_{\text{N}_2}} &= 1,484 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) & c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} &= 1,960 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) \end{aligned}$$

Енталпија ваздуха се може израчунати из израза:

$$\begin{aligned} h_{\text{vaz}} &= \frac{[V_{\text{CO}_2} \cdot c_{p_{\text{CO}_2}} + (V_{\text{O}_2})_2 \cdot c_{p_{\text{O}_2}} + (V_{\text{N}_2})_2 \cdot c_{p_{\text{N}_2}} + V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot c_{p_{\text{H}_2\text{O}}}] \cdot t_s - H_d}{L_{\text{svl}}} = \\ &= \frac{[0,444 \cdot 2,439 + 0,042 \cdot 1,57 + 3,429 \cdot 1,484 + 0,922 \cdot 1,96] \cdot 2012 - 16.186}{4,754} = 380,52 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right) \end{aligned}$$

21



2. задатак (решење)

Сада је слична ситуација као с температуром сагоревања, треба да одредимо температуру од које зависи један члан једнакости:

$$h_{\text{vaz}} = c_{p_{\text{vaz}}} \Big|_0^{t_{\text{vaz}}} t_{\text{vaz}} \Rightarrow t_{\text{vaz}} = \frac{h_{\text{vaz}}}{c_{p_{\text{vaz}}} \Big|_0^{t_{\text{vaz}}}} \text{ (} ^\circ\text{C)} \text{)}$$

Опет се примењује итеративни поступак:

$$\begin{aligned} t_{\text{vazp1}} &= 300 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow c_{p_{\text{vaz}}} = 1,319 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \\ t_{\text{vaziz1}} &= \frac{380,52}{1,319} = 289 \text{ (} ^\circ\text{C)} \end{aligned}$$

22



2. задатак (решење)

Провера:

$$\frac{|t_{\text{vaziz}} - t_{\text{vazp}}|}{t_{\text{vazp}}} \cdot 100 \leq 5$$

Што у овом случају значи да нема потребе за даљим итерацијама тако да је температура на коју треба предгрејати ваздух $t_{\text{vaz}} = 289 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

23



3. задатак (текст)

Течно гориво које може да се прикаже фиктивном формулом $\text{C}_{10}\text{H}_{15,13}$ сагорева при коефицијенту вишка ваздуха $\alpha = 1,39$. У гориву се налази 2 %m/m влаге. Ваздух за сагоревање се предгрева на $315 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Доња топлотна моћ горива је 40.810 kJ/kg . Израчунати:

- а) састав сувих продуката сагоревања,
- б) температуру сагоревања.

Занемарити енталпију горива и појаву дисоцијације продуката сагоревања.

24



3. задатак (решење)

Прво је потребно одредити састав горива у масеним уделима:

$$g_C = \frac{12 \cdot m}{12 \cdot m + n} = \frac{12 \cdot 10}{12 \cdot 10 + 15,13} = 0,888$$

$$g_H = \frac{n}{12 \cdot m + n} = \frac{15,13}{12 \cdot 10 + 15,13} = 0,112$$

Ово би било тачно, али напоменуто је да се у гориву налази 2 %m/m воде тако да се добијени састав мора кориговати:

$$g_{Ckor} = \frac{1 - g_w}{1} g_C = \frac{1 - 0,02}{1} 0,888 = 0,870$$

$$g_{Hkor} = \frac{1 - g_w}{1} g_H = \frac{1 - 0,02}{1} 0,112 = 0,110$$

$$g_w = 0,02$$

$$g_{Ckor} + g_{Hkor} + g_w = 1$$

25



3. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника O_{min} :

$$O_{min} = 1,867 \cdot g_C + 5,6 \cdot g_H + 0,7 \cdot g_S - 0,7 \cdot g_O =$$

$$= 1,867 \cdot 0,867 + 5,6 \cdot 0,11 + 0 - 0 = 2,240 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

Минимално потребна количина ваздуха L_{min} :

$$L_{min} = \frac{O_{min}}{0,21} = \frac{2,240}{0,21} = 10,667 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

Стварно потребна количина ваздуха L_{stv} :

$$L_{stv} = \alpha L_{min} = 1,39 \cdot 10,667 = 14,827 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

26



3. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања:

$$V_{\text{CO}_2} = 1,867 \cdot g_C = 1,867 \cdot 0,87 = 1,624 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 11,2 \cdot g_H + 1,24 \cdot (g_W + g'_W) = 11,2 \cdot 0,11 + 1,24 \cdot 0,02 = 1,257 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (1,39 - 1) L_{\text{min}} = 0,21 \cdot (1,39 - 1) \cdot 10,667 = 0,874 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot L_{\text{stv}} = 0,79 \cdot 14,827 = 11,713 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)$$

27



3. задатак (решење)

Количина сувих продуката сагоревања:

$$\begin{aligned} V_s &= V_{\text{CO}_2} + V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \\ &= 1,624 + 0,874 + 11,713 = 14,211 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \end{aligned}$$

28



3. задатак (решење)

а) Састав сувих продуката сагоревања:

$$(CO_2)_s = \frac{V_{CO_2}}{V_s} \cdot 100 = \frac{1,624}{14,211} \cdot 100 = 11,43 \quad (\%v/v)$$

$$(O_2)_s = \frac{V_{O_2}}{V_s} \cdot 100 = \frac{0,874}{14,211} \cdot 100 = 6,15 \quad (\%v/v)$$

$$(N_2)_s = \frac{V_{N_2}}{V_s} \cdot 100 = \frac{11,713}{14,211} \cdot 100 = 82,42 \quad (\%v/v)$$

29



3. задатак (решење)

Енталпија ваздуха загрејаног на $t_{vaz} = 315 \text{ }^\circ\text{C}$
(спец.топл.капацитет ваздуха узет из Т3.5.2):

$$h_{vaz} = c_{p_{vaz}} \cdot t_{vaz} = 1,320 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \cdot 315 (^\circ\text{C}) = 415,8 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right)$$

Специфични топлотни капацитети продуката
сагоревања за претпостављену $t_{spl} = 1800 \text{ }^\circ\text{C}$ (Т3.5.2):

$$c_{p_{CO_2}} = 2,406 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ K}} \right) \quad c_{p_{O_2}} = 1,555 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right)$$
$$c_{p_{N_2}} = 1,470 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \quad c_{p_{H_2O}} = 1,919 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right)$$

30



3. задатак (решење)

Израчуната температура сагоревања је:

$$t_{\text{stz1}} = \frac{L_{\text{stv}} \cdot h_{\text{vaz}} + H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{\text{pmi}} \Big|_0^{t_i}} = \frac{14,827 \cdot 415,8 + 40,180}{1,624 \cdot 2,406 + 0,874 \cdot 1,555 + 11,713 \cdot 1,47 + 1,257 \cdot 1,919} = 1861 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Провера:

$$\frac{|t_{\text{iz}} - t_{\text{sp}}|}{t_{\text{sp}}} \cdot 100 \leq 5$$

31



4. задатак (текст)

Земни гас познатог састава сагорева у атмосфери оксидатора коју чине 60 %v/v N_2 40 %v/v O_2 .

Израчунати:

- а) минималну и стварну количину оксидатора
- б) састав влажних продуката сагоревања,
- в) калориметарску температуру сагоревања, ако је вишак оксидатора $\alpha=1,10$.

Занемарити енталпију горива и оксидатора.

Састав земног гаса:

CH_4	C_2H_6	CO_2
92	6	2

32



4. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника O_{\min} :

$$\begin{aligned} O_{\min} &= 0,5 \cdot (r_{\text{CO}} + r_{\text{H}_2}) + \sum_{i=1}^k \left(m_i + \frac{n_i}{4} \right) \cdot r_i - r_{\text{O}_2} = \\ &= 0,5(0+0) + \left(1 + \frac{4}{4} \right) 0,92 + \left(2 + \frac{6}{4} \right) 0,06 - 0 = 2,05 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \end{aligned}$$

Минимално потребна количина оксидатора $L_{\min o}$:

$$L_{\min o} = \frac{O_{\min}}{0,4} = \frac{2,05}{0,4} = 5,125 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

Стварно потребна количина оксидатора L_{stvo} :

$$L_{\text{stvo}} = \alpha L_{\min o} = 1,1 \cdot 5,125 = 5,637 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

33



4. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања:

$$\begin{aligned} V_{\text{CO}_2} &= r_{\text{CO}_2} + r_{\text{CO}} + r_{\text{CH}_4} + \sum_{i=1}^k r_i \cdot m_i = 0,02 + 0,92 + 0,06 \cdot 2 = 1,06 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\ V_{\text{H}_2\text{O}} &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k r_i \cdot n_i = \frac{1}{2} (0,92 \cdot 4 + 0,06 \cdot 6) = 2,02 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\ V_{\text{O}_2} &= 0,4 \cdot (\alpha - 1) L_{\min o} = 0,4 \cdot (1,1 - 1) \cdot 5,125 = 0,205 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\ V_{\text{N}_2} &= 0,6 \cdot L_{\text{stvo}} = 0,6 \cdot 5,637 = 3,382 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \end{aligned}$$

34



4. задатак (решење)

Количина влажних продуката сагоревања:

$$V_v = V_{CO_2} + V_{O_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} \left(\frac{m^3}{m^3} \right)$$

$$= 1,06 + 0,205 + 3,382 + 2,02 = 6,667 \left(\frac{m^3}{m^3} \right)$$

Састав влажних продуката сагоревања:

$$(CO_2)_v = \frac{V_{CO_2}}{V_v} \cdot 100 = \frac{1,06}{6,667} \cdot 100 = 15,90 \text{ (\%v/v)} \quad (O_2)_v = \frac{V_{O_2}}{V_v} \cdot 100 = \frac{0,205}{6,667} \cdot 100 = 3,07 \text{ (\%v/v)}$$

$$(N_2)_v = \frac{V_{N_2}}{V_v} \cdot 100 = \frac{3,382}{6,667} \cdot 100 = 50,73 \text{ (\%v/v)} \quad (H_2O)_v = \frac{V_{H_2O}}{V_v} \cdot 100 = \frac{2,02}{6,667} \cdot 100 = 30,30 \text{ (\%v/v)}$$

35



4. задатак (решење)

Доња топлотна моћ земног гаса:

$$H_d = 358,7 \cdot CH_4 + 644,2 \cdot C_2H_6 =$$

$$= 358,7 \cdot 92 + 644,2 \cdot 6 = 36.866 \left(\frac{kJ}{m^3} \right)$$

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{sp1} = 2000 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Т3.5.2):

$$c_{pCO_2} = 2,439 \left(\frac{kJ}{m^3 K} \right) \quad c_{pO_2} = 1,570 \left(\frac{kJ}{m^3 ^\circ\text{C}} \right)$$

$$c_{pN_2} = 1,484 \left(\frac{kJ}{m^3 ^\circ\text{C}} \right) \quad c_{pH_2O} = 1,960 \left(\frac{kJ}{m^3 ^\circ\text{C}} \right)$$

36



4. задатак (решење)

Израчуната температура сагоревања је:

$$t_{\text{siz1}} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}} = \frac{36.866}{1,06 \cdot 2,439 + 0,205 \cdot 1,57 + 3,382 \cdot 1,484 + 2,02 \cdot 1,96} = 3102 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Провера:

$$\frac{|t_{\text{iz}} - t_{\text{sp}}|}{t_{\text{sp}}} \cdot 100 \leq 5$$

37



4. задатак (решење)

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{\text{sp2}} = 3000 \text{ }^\circ\text{C}$ (ТЗ.5.2):

$$\begin{aligned} c_{p\text{CO}_2} &= 2,556 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{K}} \right) & c_{p\text{O}_2} &= 1,633 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C}} \right) \\ c_{p\text{N}_2} &= 1,5350 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C}} \right) & c_{p\text{H}_2\text{O}} &= 2,133 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^\circ\text{C}} \right) \end{aligned}$$

Израчуната температура сагоревања је:

$$t_{\text{siz2}} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}} = \frac{36.866}{1,06 \cdot 2,556 + 0,205 \cdot 1,633 + 3,382 \cdot 1,535 + 2,02 \cdot 2,133} = 2939 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

38



5. задатак (текст)

Гасовито гориво познатог састава сагорева при коефицијенту вишка ваздуха $\alpha=1,18$. Израчунати:

- а) минималну и стварну количину ваздуха;
- б) састав влажних продуката сагоревања без појаве дисоцијације;
- в) калориметарску температуру сагоревања (занемарити енталпију горива и оксидатора);
- г) колико ће се променити калориметарска температура сагоревања ако се због смањења емисије азотних оксида, са горивом убрзигава вода (40 g воде на сваки kg горива). При прорачуну претпоставити да није дошло до значајне промене састава продуката сагоревања.

39



5. задатак (текст)

Дати подаци о гориву:

Гас	Запремински проценти	H_d (MJ/kg)
CH_4	81	50,05
C_2H_6	12	47,52
C_3H_8	7	46,39

40

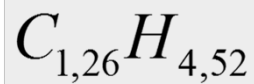


5. задатак (решење)

За гасовито гориво датог састава могуће је одредити фиктивну формулу облика $C_m H_n$:

$$m = \sum_{i=1}^k m_i \cdot r_i = 1 \cdot 0,81 + 2 \cdot 0,12 + 3 \cdot 0,07 = 1,26$$
$$n = \sum_{i=1}^k n_i \cdot r_i = 4 \cdot 0,81 + 6 \cdot 0,12 + 8 \cdot 0,07 = 4,52$$

тако да је у питању гориво:



41



5. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника O_{\min} :

$$O_{\min} = m + \frac{n}{4} = 1,26 + \frac{4,52}{4} = 2,39 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

Минимално потребна количина ваздуха L_{\min} :

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21} = \frac{2,39}{0,21} = 11,381 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

Стварно потребна количина ваздуха L_{stv} :

$$L_{\text{stv}} = \alpha L_{\min} = 1,18 \cdot 11,381 = 13,430 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)$$

42



5. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања:

$$\begin{aligned}V_{\text{CO}_2} &= m = 1,26 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\V_{\text{H}_2\text{O}} &= \frac{n}{2} = \frac{4,52}{2} = 2,26 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\V_{\text{O}_2} &= 0,21 \cdot (\alpha - 1) L_{\text{min}} = 0,21 \cdot (1,18 - 1) \cdot 11,381 = 0,430 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\V_{\text{N}_2} &= 0,79 \cdot L_{\text{stv}} = 0,79 \cdot 13,43 = 10,610 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)\end{aligned}$$

43



5. задатак (решење)

Количина влажних продуката сагоревања:

$$\begin{aligned}V_v &= V_{\text{CO}_2} + V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right) \\&= 1,26 + 0,430 + 10,61 + 2,26 = 14,560 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right)\end{aligned}$$

Састав влажних продуката сагоревања:

$$\begin{aligned}(CO_2)_v &= \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_v} \cdot 100 = \frac{1,26}{14,56} \cdot 100 = 8,65 \text{ (\%v/v)} & (O_2)_v &= \frac{V_{\text{O}_2}}{V_v} \cdot 100 = \frac{0,43}{14,56} \cdot 100 = 2,95 \text{ (\%v/v)} \\(N_2)_v &= \frac{V_{\text{N}_2}}{V_v} \cdot 100 = \frac{10,61}{14,56} \cdot 100 = 72,87 \text{ (\%v/v)} & (H_2O)_v &= \frac{V_{\text{H}_2O}}{V_v} \cdot 100 = \frac{2,26}{14,56} \cdot 100 = 15,52 \text{ (\%v/v)}\end{aligned}$$

44



5. задатак (решење)

Доња топлотна моћ гасовитог горива:

$$H_d = \frac{1}{22,4} \sum_{i=1}^k r_i H_{di} M_i =$$

$$= \frac{1}{22,4} (0,81 \cdot 50,05 \cdot 16 + 0,12 \cdot 47,52 \cdot 30 + 0,07 \cdot 46,39 \cdot 44) \left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \right)$$

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{sp1} = 1800 \text{ } ^\circ\text{C}$ (ТЗ.5.2):

$$c_{p_{CO_2}} = 2,406 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \right) \quad c_{p_{O_2}} = 1,555 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right)$$

$$c_{p_{N_2}} = 1,470 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) \quad c_{p_{H_2O}} = 1,919 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right)$$

45



5. задатак (решење)

Израчуната температура сагоревања је:

$$t_{siz1} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}} = \frac{42,973}{1,26 \cdot 2,406 + 0,43 \cdot 1,555 + 10,161 \cdot 1,47 + 2,26 \cdot 1,919} = 1818 \text{ } (^\circ\text{C})$$

Провера:

$$\frac{|t_{iz} - t_{sp}|}{t_{sp}} \cdot 100 \leq 5$$

46



5. задатак (решење)

С обзиром да се са горивом заједно убризгава вода мора се израчунати састав ове смеше чија је укупна количина:

$$m_{\text{mes}} = m_{\text{gor}} + m_{\text{voda}} = 1 + 0,04 = 1,04 \quad (\text{kg})$$

тако да је састав:

$$g_{\text{gor}} = \frac{m_{\text{gor}}}{m_{\text{mes}}} = \frac{1}{1,04} = 0,9615 \quad (/) \Rightarrow G = 96,15 \% \text{m/m}$$

$$g_{\text{vode}} = \frac{m_{\text{vode}}}{m_{\text{mes}}} = \frac{0,04}{1,04} = 0,0385 \quad (/) \Rightarrow W = 3,85 \% \text{m/m}$$

47



5. задатак (решење)

Убризгана вода доводи до смањења доње топлотне моћи горива:

$$H_{\text{dmes}} = H_d \cdot \frac{100 - W}{100} - 25 \cdot W \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

али је претходно потребно прерачунати запреминску на масену топлотну моћ:

$$H_{\text{dgor}} = \frac{22,4}{M_{\text{gor}}} H_d \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right) = \frac{22,4}{19,64} \cdot 42.973 = 49.012 \quad \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

где је:

$$M_{\text{gor}} = 12 \cdot m + n = 12 \cdot 1,26 + 4,52 = 19,64 \quad \left(\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right)$$

48



5. задатак (решење)

Тако да је коначно топлотна моћ мешавине:

$$H_{\text{dmes}} = 49.012 \cdot \frac{100 - 3,85}{100} - 25 \cdot 3,85 = 47.029 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

а моларна маса мешавине је:

$$M_{\text{mes}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{g_i}{M_i}} = \frac{1}{\frac{0,9615}{19,64} + \frac{0,0385}{18}} = 19,57 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right)$$

тако да је:

$$H_{\text{dmes}} = \frac{M_{\text{mes}}}{22,4} H_d \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = \frac{19,57}{22,4} \cdot 47.029 = 41.087 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \right)$$

49



5. задатак (решење)

Како је текстом задатка дато, занемарује се промена количине прод. сагоревања због убризгавања воде, али се узима у обзир промена доње топлотне моћи.

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{\text{sp1}} = 1700 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Т3.5.2):

$$\begin{aligned} c_{p_{\text{CO}_2}} &= 2,388 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \right) & c_{p_{\text{O}_2}} &= 1,547 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) \\ c_{p_{\text{N}_2}} &= 1,462 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) & c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} &= 1,897 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) \end{aligned}$$

50



5. задатак (решење)

Тако да је израчуната температура сагоревања:

$$t_{s1} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_0}} = \frac{41.087}{1,26 \cdot 2,388 + 0,43 \cdot 1,547 + 10,61 \cdot 1,462 + 2,26 \cdot 1,897} = 1750 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Провера: $\frac{|t_{iz} - t_{sp}|}{t_{sp}} \cdot 100 \leq 5$

Коначно се добија промена калорим. темп. сагоревања:

$$\Delta t_s = t_{s1} - t_{s2} = 1818 - 1750 = 68 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

51



6. задатак (текст)

Израчунати температуру сагоревања при коефицијенту вишка ваздуха $\alpha=1$ за моторни бензин (МБ) и етанол (ЕА) узимајући у обзир топлоту испаравања. Дати су следећи подаци:

Гориво	Енталпија испаравања (kJ/kg)	H_d (MJ/kg)
МБ (C_8H_{18})	280	43,0
ЕА (C_2H_5OH)	845	27,2

52



6. задатак (решење)

Прорачун масеног састава за моторни бензин:

$$g_{C_{MB}} = \frac{12 \cdot m}{12 \cdot m + n} = \frac{12 \cdot 8}{12 \cdot 8 + 18} = 0,842$$

$$g_{H_{MB}} = \frac{n}{12 \cdot m + n} = \frac{18}{12 \cdot 8 + 18} = 0,158$$

Прорачун масеног састава за етанол C_2H_6O :

$$g_{C_{EA}} = \frac{12 \cdot m}{12 \cdot m + n + 16 \cdot o} = \frac{12 \cdot 2}{12 \cdot 2 + 6 + 16 \cdot 1} = 0,522$$

$$g_{H_{EA}} = \frac{n}{12 \cdot m + n + 16 \cdot o} = \frac{6}{12 \cdot 2 + 6 + 16 \cdot 1} = 0,130$$

$$g_{O_{EA}} = \frac{16 \cdot o}{12 \cdot m + n + 16 \cdot o} = \frac{16 \cdot 1}{12 \cdot 2 + 6 + 16 \cdot 1} = 0,348$$

53



6. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника O_{minMB} :

$$O_{min} = 1,867 \cdot g_{C_{MB}} + 5,6 \cdot g_{H_{MB}} - 0,7 \cdot g_{O_{MB}} = 1,867 \cdot 0,842 + 5,6 \cdot 0,158 - 0 = 2,457 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

Минимално потребна количина ваздуха L_{minMB} :

$$L_{min} = \frac{O_{min}}{0,21} = \frac{2,457}{0,21} = 11,7 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

Стварно потребна количина ваздуха L_{stvMB} :

$$L_{stv} = \alpha L_{min} = 1 \cdot 11,7 = 11,7 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

54



6. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања за моторни бензин:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{CO}_2} &= 1,867 \cdot g_C = 1,867 \cdot 0,842 = 1,572 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \\
 V_{\text{H}_2\text{O}} &= 11,2 \cdot g_H + 1,24 \cdot (g_W + g'_W) = 11,2 \cdot 0,158 + 0 = 1,770 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \\
 V_{\text{O}_2} &= 0,21 \cdot (1-1) L_{\min} = 0,21 \cdot (1-1) \cdot 10,667 = 0 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \\
 V_{\text{N}_2} &= 0,79 \cdot L_{\text{stv}} = 0,79 \cdot 11,7 = 9,243 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)
 \end{aligned}$$

55



6. задатак (решење)

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{\text{sp1}} = 2000 \text{ }^\circ\text{C}$ (ТЗ.5.2):

$$\begin{aligned}
 c_{p_{\text{CO}_2}} &= 2,439 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{K}} \right) \quad c_{p_{\text{O}_2}} = 1,570 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \\
 c_{p_{\text{N}_2}} &= 1,484 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right) \quad c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} = 1,960 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \right)
 \end{aligned}$$

Израчуната температура сагоревања за моторни бензин:

$$t_{\text{sz1}} = \frac{H_{d_{\text{sb}}} - h_{\text{sp2,sm}}}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{p_{mi}} \Big|_0^{t_2}} = \frac{43.000 - 280}{1,572 \cdot 2,439 + 9,243 \cdot 1,484 + 1,77 \cdot 1,96} = 2032 \text{ } (^\circ\text{C})$$

56



6. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника $O_{\min EA}$:

$$O_{\min} = 1,867 \cdot g_{C_{EA}} + 5,6 \cdot g_{H_{EA}} - 0,7 \cdot g_{O_{EA}} = 1,867 \cdot 0,522 + 5,6 \cdot 0,13 - 0,7 \cdot 0,348 = 1,459 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

Минимално потребна количина ваздуха $L_{\min EA}$:

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21} = \frac{1,459}{0,21} = 6,948 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

Стварно потребна количина ваздуха $L_{stv EA}$:

$$L_{stv} = \alpha L_{\min} = 1 \cdot 6,948 = 6,948 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

57



6. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања за етанол:

$$\begin{aligned} V_{CO_2} &= 1,867 \cdot g_C = 1,867 \cdot 0,522 = 0,974 \left(\frac{m^3}{kg} \right) \\ V_{H_2O} &= 11,2 \cdot g_H + 1,24 \cdot (g_W + g'_W) = 11,2 \cdot 0,13 + 0 = 1,456 \left(\frac{m^3}{kg} \right) \\ V_{O_2} &= 0,21 \cdot (1-1) L_{\min} = 0,21 \cdot (1-1) \cdot 6,948 = 0 \left(\frac{m^3}{kg} \right) \\ V_{N_2} &= 0,79 \cdot L_{stv} = 0,79 \cdot 6,948 = 5,489 \left(\frac{m^3}{kg} \right) \end{aligned}$$

58



6. задатак (решење)

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{sp1}=2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ТЗ.5.2):

$$\begin{aligned}c_{p_{\text{CO}_2}} &= 2,439 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{K}} \right) & c_{p_{\text{O}_2}} &= 1,570 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^{\circ}\text{C}} \right) \\c_{p_{\text{N}_2}} &= 1,484 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^{\circ}\text{C}} \right) & c_{p_{\text{H}_2\text{O}}} &= 1,960 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3\text{ }^{\circ}\text{C}} \right)\end{aligned}$$

Израчуната температура сагоревања за етанол:

$$t_{\text{szl}} = \frac{H_{\text{dEA}} - h_{\text{ispEA}}}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_i}} = \frac{27.200 - 845}{0,974 \cdot 2,439 + 5,489 \cdot 1,484 + 1,456 \cdot 1,96} = 1970\text{ }(^{\circ}\text{C})$$

59



7. задатак (текст)

Ацетилен (C_2H_2) сагорева са ваздухом. Коефицијент вишка ваздуха износи $\alpha=1,05$. Израчунати калориметарску температуру. Доња топлотна моћ ацетилена је $H_{\text{dC}_2\text{H}_2}=1256,4\text{ kJ/mol}$.

60



7. задатак (решење)

Минимално потребна количина кисеоника O_{\min} :

$$O_{\min} = m + \frac{n}{4} = 2 + \frac{2}{4} = 2,5 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

Минимално потребна количина ваздуха L_{\min} :

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21} = \frac{2,5}{0,21} = 11,905 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

Стварно потребна количина ваздуха L_{stv} :

$$L_{\text{stv}} = \alpha L_{\min} = 1,05 \cdot 11,905 = 12,500 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

61



7. задатак (решење)

Количина продуката сагоревања:

$$V_{\text{CO}_2} = m = 2 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n}{2} = \frac{2}{2} = 1 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

$$V_{\text{O}_2} = 0,21 \cdot (\alpha - 1) L_{\min} = 0,21 \cdot (1,05 - 1) \cdot 11,905 = 0,125 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

$$V_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot L_{\text{stv}} = 0,79 \cdot 12,5 = 9,875 \left(\frac{\text{kmol}}{\text{kmol}} \right)$$

62



7. задатак (решење)

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{sp1}=2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Т3.5.2):

$$\begin{aligned} c_{p_{CO_2}} &= 54,63 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right) & c_{p_{O_2}} &= 35,17 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right) \\ c_{p_{N_2}} &= 33,24 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right) & c_{p_{H_2O}} &= 43,90 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right) \end{aligned}$$

Израчуната температура сагоревања:

$$t_{siz1} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}} = \frac{1256 \cdot 10^3}{2 \cdot 54,63 + 0,125 \cdot 35,17 + 9,875 \cdot 33,24 + 1 \cdot 43,9} = 2586 \text{ } (^{\circ}\text{C})$$

63



7. задатак (решење)

Специфични топлотни капацитети продуката сагоревања за претпостављену $t_{sp2}=2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Т3.5.2):

$$\begin{aligned} c_{p_{CO_2}} &= 56,12 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right) & c_{p_{O_2}} &= 35,92 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right) \\ c_{p_{N_2}} &= 33,89 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right) & c_{p_{H_2O}} &= 45,98 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \right) \end{aligned}$$

Израчуната температура сагоревања:

$$t_{siz2} = \frac{H_d}{\sum_{i=1}^k V_i \cdot c_{pmi} \Big|_0^{t_s}} = \frac{1256 \cdot 10^3}{2 \cdot 56,12 + 0,125 \cdot 35,92 + 9,875 \cdot 33,89 + 1 \cdot 45,98} = 2526 \text{ } (^{\circ}\text{C})$$

64