

MB - R - Příklad 10

V spařovacej peci sa spařuje 1467,8 m³/h zemněho plynu so zloženim (% obj.):

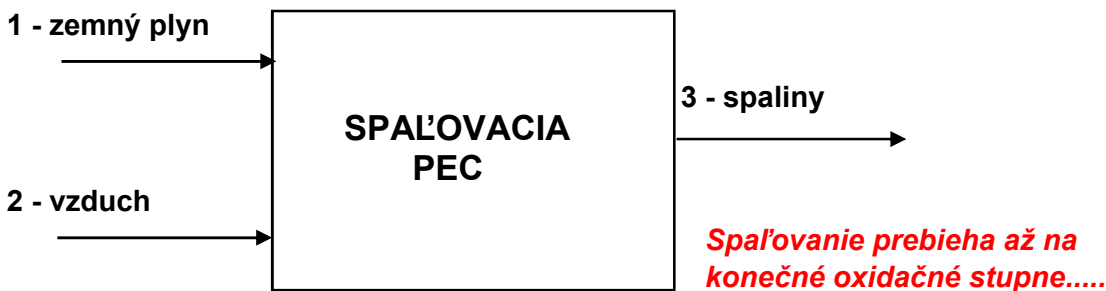
3% H₂, 91 %CH₄, 1% CO, 4% CO₂ a 1% N₂. Spařovanie prebieha pri atmosferickom tlaku až na konečné oxidačné stupne. Teplota zemněho plynu je 25°C.

Zemněy plyn sa spařuje so vzduchom, kotřy prichádza v 15 % nadbytku vzhľadom na teoretické množstvo.

Vypočítajte:

1. Rýchlosť reakcie a teoretickú rýchlosť reakcie.
2. Stupeň premeny kyslíka.
3. Množstvo a zloženie vystupujúcich spařin.

Bilančná schéma:



Zložky:

A-H ₂	x _{1A} =	0.03
B-CH ₄	x _{1B} =	0.91
C-CO	x _{1C} =	0.01
D-CO ₂	x _{1D} =	0.04
E-N ₂	x _{1E} =	0.01
F-O ₂		
G-H ₂ O		

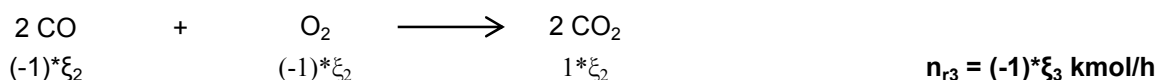
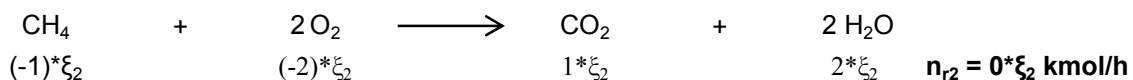
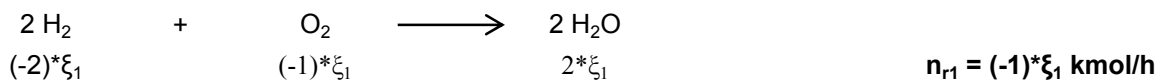
r -reakčný

α _A =	1
α _B =	1
α _C =	1

n ₂ =	1,15 * n ₂ ^t
x _{2F} =	0.21
x _{2E} =	0.79
k _n =	1.15

V ₁ =	1467.8 m ³ /h
t ₁ =	25 °C
T ₁ =	298.15 K
P ₁ =	101.325 kPa
R =	8.314 kJ/kmol/K

Stechiometrické rovnice:



$$n_r = (-1) * \xi_1 - \xi_3$$

Tok látkového množstva zemného plynu:

Aplikujúc stavovú rovnicu ideálneho plynu:

$$n_1 = (P_1 \cdot V_1) / (R \cdot T_1)$$

$$n_1 = 59.9983 \text{ kmol/h}$$

Materiálová bilancia spaľovacej pece:

Prúdy Zložky	1	2	r_1	r_2	r_3	3
A: H ₂	$n_1 \cdot x_{1A}$ 1.799948		$(-2) \cdot \xi_1$?			$n_3 \cdot x_{3A}$?
B: CH ₄	$n_1 \cdot x_{1B}$ 54.59842			$(-1) \cdot \xi_2$?		$n_3 \cdot x_{3B}$?
C: CO	$n_1 \cdot x_{1C}$ 0.599983				$(-2) \cdot \xi_3$?	$n_3 \cdot x_{3C}$?
D: CO ₂	$n_1 \cdot x_{1D}$ 2.39993			$1 \cdot \xi_2$?	$2 \cdot \xi_3$?	$n_3 \cdot x_{3D}$?
E: N ₂	$n_1 \cdot x_{1E}$ 0.599983	$n_2 \cdot x_{2E}$?				$n_3 \cdot x_{3E}$?
F: O ₂		$n_2 \cdot x_{2F}$?	$(-1) \cdot \xi_1$?	$(-2) \cdot \xi_2$?	$(-1) \cdot \xi_3$?	$n_3 \cdot x_{3F}$?
G: H ₂ O			$2 \xi_1$?	$2 \cdot \xi_2$?		$n_3 \cdot x_{3G}$?
Σ	n_1 59.9983	n_2 ?	n_{r1} ?	n_{r2} 0	n_{r3} ?	n_3 ?

"Myšlienkové materiálové kruhy..."

Spaľovanie H₂, CH₄ a CO prebieha pri atmosferickom tlaku na konečné oxidačné stupne, t. j., ich stupeň premeny je rovný jednej. Vtedy sa skutočné a teoretické rýchlosti (rozsahy) príslušnej reakcie rovnajú.

Z prepočtových vzťahov medzi rýchlosťami reakcií a stupňami premeny spaľovaných reaktantov (sú limitujúcimi zložkami, lebo majú rovnaký stupeň premeny a kyslík vstupujúci vo vzduchu je podľa zadania v nadbytku) si vypočítame rýchlosti reakcií a teoretické rýchlosti reakcií.

Pomocou rýchlosti reakcií dopočítame zdrojové členy reaktantov a produktov, reakčný prúd a tok látkového množstva CO₂.

Teoretické rýchlosti reakcií použijeme pri výpočte teoretickej spotreby kyslíka, ktorý je potrebný na úplné spálenie príslušných reaktantov.

Z jeho teoretickej spotreby vypočítame nielen jeho skutočnú spotrebu, ale aj spotrebu vzduchu. Tým sa nám dokorán otvorí cesta na úspešné završenie materiálovej bilancie.

Skutočné a teoretické rýchlosti reakcií:

$$\alpha_A = \alpha_B = \alpha_C = 1$$

$$\alpha_A^T = \alpha_B^T = \alpha_C^T = 1$$

Rýchlosť 1. reakcie:

$$\xi_1 = -\alpha_A \cdot n_{1A} / (-2)$$

$$\xi_1 = 0.89997 \text{ kmol/h}$$

Teoretická rýchlosť 1. reakcie:

$$\xi_1^t = -\alpha_A^t \cdot n_{1A}^t / (-2)$$

$$\xi_1^t = 0.89997 \text{ kmol/h}$$

Rýchlosť 2. reakcie:

$$\xi_2 = -\alpha_B \cdot n_{1B} / (-1)$$

$$\xi_2 = 54.5984 \text{ kmol/h}$$

Teoretická rýchlosť 2. reakcie:

$$\xi_2^t = -\alpha_B^t \cdot n_{1B}^t / (-1)$$

$$\xi_2^t = 54.5984 \text{ kmol/h}$$

Rýchlosť 3. reakcie:

$$\xi_3 = -\alpha_C \cdot n_{1C} / (-2)$$

$$\xi_3 = 0.29999 \text{ kmol/h}$$

Teoretická rýchlosť 3. reakcie:

$$\xi_3^t = -\alpha_C^t \cdot n_{1C}^t / (-2)$$

$$\xi_3^t = 0.29999 \text{ kmol/h}$$

$$n_r = -\xi_1 - \xi_3 = -1.2 \text{ kmol/h}$$

Teoretická spotreba kyslíka resp. vzduchu:

BUĎ

Z bilancie kyslíka pre teoretické množstvo kyslíka:

$$n_2^t \cdot x_{2F} - \xi_1^t - 2 \cdot \xi_2^t - \xi_3^t = 0$$

$$n_2^t \cdot x_{2F} = 110.397 \text{ kmol/h}$$

$$n_2^t = 525.699 \text{ kmol/h}$$

ALEBO

zo stochiometrie reakcie za predpokladu, že vstupujúce spaľované zložky zreagujú v peci úplne.

Teoretická spotreba kyslíka v 1. reakcii:

$$n_{O_2, 1. \text{ reak}}^t = -\xi_1^t \cdot \nu_{O_2, 1. \text{ reak}}$$

$$n_{O_2, 1. \text{ reak}}^t = 0.9 \text{ kmol/h}$$

Teoretická spotreba kyslíka v 2. reakcii:

$$n_{O_2, 2. \text{ reak}}^t = -\xi_2^t \cdot \nu_{O_2, 2. \text{ reak}}$$

$$n_{O_2, 2. \text{ reak}}^t = 109.2 \text{ kmol/h}$$

Teoretická spotreba kyslíka v 3. reakcii:

$$n_{O_2, 3. \text{ reak}}^t = -\xi_3^t \cdot \nu_{O_2, 3. \text{ reak}}$$

$$n_{O_2, 3. \text{ reak}}^t = 0.3 \text{ kmol/h}$$

$$n_2^t \cdot x_{2F} = n_{O_2, 1. \text{ reak}}^t + n_{O_2, 2. \text{ reak}}^t + n_{O_2, 3. \text{ reak}}^t$$

$$n_2^t \cdot x_{2F} = 110.397 \text{ kmol/h}$$

$$n_2^t = 525.699 \text{ kmol/h}$$

Skutočné množstvo kyslíka resp. vzduchu:

$$n_2 \cdot x_{2F} = k_n \cdot n_2^t \cdot x_{2F}^t = 126.9563 \text{ kmol/h}$$

$$n_2 = k_n \cdot n_2^t = 604.554 \text{ kmol/h}$$

Koeficient nadbytku kyslíka:

$$k_n = 1.15$$

Materiálová bilancia spaľovacej pece:

Prúdy Zložky	1	2	r_1	r_2	r_3	3		
A: H ₂	$n_1 \cdot x_{1A}$ 1.799948		$(-2) \cdot \xi_1$ -1.79995			$n_3 \cdot x_{3A}$ 0	$x_{3A} =$	0
B: CH ₄	$n_1 \cdot x_{1B}$ 54.59842			$(-1) \cdot \xi_2$ -54.5984		$n_3 \cdot x_{3B}$ 0	$x_{3B} =$	0
C: CO	$n_1 \cdot x_{1C}$ 0.599983				$(-2) \cdot \xi_3$ -0.59998	$n_3 \cdot x_{3C}$ 0	$x_{3C} =$	0
D: CO ₂	$n_1 \cdot x_{1D}$ 2.39993			$1 \cdot \xi_2$ 54.59842	$2 \cdot \xi_3$ 0.599983	$n_3 \cdot x_{3D}$ 57.59833	$x_{3D} =$	0.08683
E: N ₂	$n_1 \cdot x_{1E}$ 0.599983	$n_2 \cdot x_{2E}$ 477.5976				$n_3 \cdot x_{3E}$ 478.1976	$x_{3E} =$	0.72088
F: O ₂		$n_2 \cdot x_{2F}$ 126.9563	$(-1) \cdot \xi_1$ -0.89997	$(-2) \cdot \xi_2$ -109.197	$(-1) \cdot \xi_3$ -0.29999	$n_3 \cdot x_{3F}$ 16.55952	$x_{3F} =$	0.02496
G: H ₂ O			$2 \cdot \xi_1$ 1.799948	$2 \cdot \xi_2$ 109.1968		$n_3 \cdot x_{3G}$ 110.9968	$x_{3G} =$	0.16733
Σ	n_1 59.9983	n_2 604.554	n_{r1} -0.89997	n_{r2} 0	n_{r3} -0.29999	n_3 663.352		

Stupeň premeny kyslíka:

$$\alpha_F = (n_{2F} - n_{3F}) / n_{2F} = 0.86957$$