

1. $57.14 \text{ kmol h}^{-1}$ reakčnej zmesi obsahuje 25 mól. % cyklohexánu a benzén s vodíkom v mólovom pomere 1 : 14. Vodík sa z tejto zmesi oddeľuje ochladením pod kondenzačnú teplotu cyklohexánu a benzénu. V kondenzátore sa reakčná zmes ochladí a následne cyklohexán úplne a benzén čiastočne skondenzujú. Všetok vodík zostáva v plynnej fáze, pričom jeho mólový zlomok v plynnej fáze odchádzajúcej z kondenzátora je 0.99.

Nakreslite prúdovú schému bilancovaného zariadenia. Vypočítajte množstvo, zloženie a mólovú hmotnosť jednotlivých prúdov. Aký je výťažok benzénu v kvapalnej fáze odchádzajúcej z kondenzátora? Vypočítajte hmotnostné zlomky zložiek v reakčnej zmesi.

2. Reakčná zmes z predošlého príkladu vystupuje z reaktora na výrobu cyklohexánu hydrogenáciou benzénu. Za predpokladu, že surovina vstupujúca do reaktora neobsahuje cyklohexán, vypočítajte jej množstvo a zloženie.

Nakreslite prúdovú schému zariadenia na hydrogenáciu benzénu. Zistite, ktorý z reaktantov je kľúčovou zložkou, aká je konverzia (stupeň premeny) jednotlivých reaktantov a akú hodnotu má nadbytok a koeficient nadbytku zložky, ktorá je v nadbytku. Akú hodnotu má teoretická rýchlosť reakcie (rozsah reakcie za jednotku času) pre jednotlivé reaktanty?

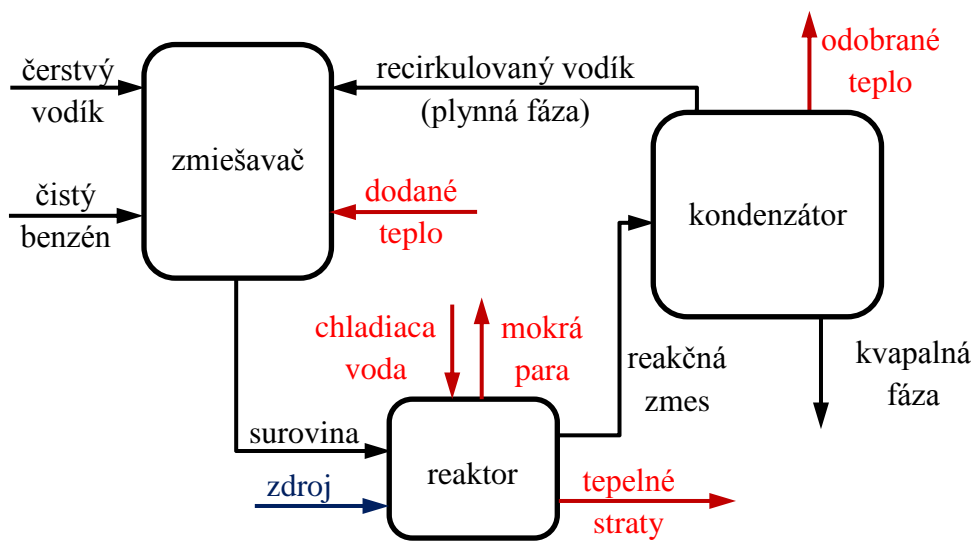
3. Surovina z predošlého príkladu sa pripravuje v zmiešavači zmiešaním plynnej fázy z kondenzátora spomenutej v prvej časti príkladu, čistého benzénu (v plynnej fáze) a čerstvého (čistého) vodíka.

Nakreslite prúdovú schému zariadenia na prípravu suroviny vstupujúcej do reaktora. Vypočítajte, v akom mólovom a hmotnostnom pomere potrebujeme prúdy zo zadania zmiešať, aby sme získali surovinu s požadovaným zložením.

Nakreslite úplnú prúdovú schému zariadenia na hydrogenáciu benzénu s recirkuláciou nezreagovaného vodíka a s prípravou suroviny pre reaktor.

4. Prúdy čistého plynného benzénu a čerstvého vodíka, ktoré vstupujú do zmiešavača, majú teplotu $100 \text{ }^\circ\text{C}$. V zmiešavači sa pripravená reakčná zmes súčasne ohreje na teplotu $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Reaktor pracuje izotermicky pri teplote $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Reakčná zmes sa v kondenzátore ochladí až na teplotu $40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vypočítajte spotrebu tepelnej energie v zmiešavači. Nakoľko hydrogenácia benzénu vodíkom je exotermická reakcia ($\Delta_r h^{150 \text{ }^\circ\text{C}} = -320 \text{ kJ mol}^{-1}$), reaktor musí byť chladený. Vypočítajte spotrebu chladiacej vody ($80 \text{ }^\circ\text{C}$), ktorá sa využije na výrobu mokrej vodnej pary ($X = 0.95$, $P = 0.3 \text{ MPa}$), ak únik tepla do okolia reaktora je 6 % z množstva tepelnej energie uvoľnenej pri reakcii. Zistite tiež množstvo tepla, ktoré reakčnej zmesi odoberieme v kondenzátore.



5. Pri spaľovaní zemného plynu vzduchom prebieha reakcia medzi metánom a kyslíkom pričom vzniká oxid uhličitý a vodná para. Zemný plyn obsahuje 99 obj. % metánu a 1 obj. % oxidu uhličitého. Do spaľovacej pece sa privádza $14 \text{ Nm}^3 \text{ h}^{-1}$ zemného plynu (Nm^3 predstavuje normálny meter kubický, t. j. objem plynu pri teplote $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a atmosférickom tlaku, podľa normy DIN 1343). Aby sme dosiahli požadovanú konverziu metánu, na spaľovanie sa používa dvojnásobok teoretickej spotreby vzdušného kyslíka (koeficient nadbytku je 2).

Vyčísľite stechiometrickú rovnicu spaľovania metánu vzdušným kyslíkom. Nakreslite prúdovú schému spaľovacej pece a vypočítajte stupeň premeny reaktantov, ak mólový zlomok vodnej pary v spalinách odchádzajúcich zo spaľovacej pece je 0.098. Zistite tiež rýchlosť chemickej reakcie. Príklad vyriešte aj pre prípad, že použitý zemný plyn obsahuje 99 obj. % metánu, 0.5 obj. % oxidu uhličitého a 0.5 obj. % vodnej pary.

6. Do spaľovacej pece z predošlého príkladu sa privádza zemný plyn a vzduch, ktorých teplota je $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Reakčná entalpia reakcie spaľovania metánu kyslíkom pri teplote $250 \text{ }^\circ\text{C}$ má hodnotu $\Delta_r h^{350 \text{ }^\circ\text{C}} = -800 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Vypočítajte koľko tepla odoberáme zo spaľovacej pece, aby reakcia prebiehala za izotermických podmienok pri teplote $350 \text{ }^\circ\text{C}$. Výpočet zopakujte aj pre prípad, ak tepelné straty do okolia spaľovacej pece zodpovedajú 4 % z množstva vymeneného tepla v tomto zariadení. Zistite tiež, koľko pary s parametrami $t = 250 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 0.3 \text{ MPa}$ sa dá za týchto podmienok vyrobiť. Použitá napájacia (chladiaca) voda má teplotu $85 \text{ }^\circ\text{C}$.

