

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС

Материальные расчеты являются основой технологических расчетов. Расчеты производственного оборудования, коммуникаций производятся после определения материальных потоков сырья и продуктов синтеза, представленных в виде материального баланса процесса.

Материальный баланс – это вещественное выражение закона сохранения массы вещества, согласно которому во всякой замкнутой системе масса веществ, вступивших во взаимодействие, равна массе веществ, образовавшихся в результате этого взаимодействия, т.е. приход вещества $\Sigma Y_{\text{прих}}$ равен его расходу $\Sigma Y_{\text{расх}}$. Таким образом, уравнение материального баланса можно представить в виде:

$$\Sigma Y_{\text{прих}} = \Sigma Y_{\text{расх}}$$

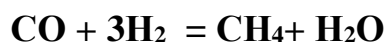
Расчет материального баланса основан на 2-х объективных законах:

- 1) Закон сохранения массы (применительно к расчету материального баланса) – общая масса всех поступающих в реактор материалов (приход) равен общей массе выходящих материалов (расходу).
- 2) Закон стехиометрических соотношений, который можно сформулировать следующим образом: если известна масса хотя бы одного участника реакции, можно определить массы всех остальных, предварительно рассчитав молярные массы всех участников реакции.

Теоретический материальный баланс рассчитывается на основе стехиометрического уравнения реакции, предполагая, что в процессе участвуют реагенты, не содержащие примесей при их полной конверсии.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА

Составить теоретический материальный баланс реакции получения метана из синтез-газа. Баланс составить на 1 тонну в час метана.



Производительность $P_C = 1$ тонна/час = 1000 кг/час;

Решение.

1. Стехиометрические коэффициенты реагентов и продуктов:

$$\nu_A = 1 \quad \nu_B = 3 \quad \nu_C = 1 \quad \nu_D = 1$$

2. Молярные массы веществ:

$$M_A = 28 \quad M_B = 2 \quad M_C = 16 \quad M_D = 18$$

3. Количество метана CH_4 кмоль/час (расчет всегда ведется по молям):

$$Y_{n,C} = \frac{P_C}{M_C} = \frac{1000}{16} = 62,5 \text{ кмоль/час}$$

4. Количество CO , необходимого для образования 62,5 кмоль/час метана:

$$Y_{n,A} = \frac{\nu_A}{\nu_C} \cdot Y_{n,C} = \frac{1}{1} \cdot 62,5 = 62,5 \text{ кмоль/час}$$

$$Y_{m,A} = Y_{n,C} \cdot M_A = 62,5 \cdot 28 = 1750 \text{ кг/час}$$

5. Количество водорода H_2 , необходимого для образования 62,5 кмоль/час метана:

$$Y_{n,B} = \frac{\nu_B}{\nu_C} \cdot Y_{n,C} = \frac{3}{1} \cdot 62,5 = 187,5 \text{ кмоль/час}$$

$$Y_{m,B} = Y_{n,B} \cdot M_B = 187,5 \cdot 2 = 375 \text{ кг/час}$$

6. Количество воды H_2O , образующейся по реакции:

$$Y_{n,D} = \frac{\nu_D}{\nu_A} \cdot Y_{n,A} = \frac{1}{1} \cdot 62,5 = 62,5 \text{ кмоль/час}$$

$$Y_{m,D} = Y_{n,D} \cdot M_D = 62,5 \cdot 18 = 1125 \text{ кг/час}$$

Полученные результаты сведем в таблицу

(проверяем: масса прихода = масса расхода)

Таблица – Теоретический материальный баланс получения метана

Вещество	Приход				Вещество	Расход			
	Y_m кг/час	%	Y_n кмоль/час	%		Y_m кг/час	%	Y_n кмоль/час	%
CO (A)	1750	82	62,5	25	CH₄ (C)	1000	47	62,5	50
H₂ (B)	375	18	187,5	75	H₂O (D)	1125	53	62,5	50
Итого	2125	100	250	100	Итого	2125	100	125	100

ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Составить теоретический материальный баланс для основной реакции на 1 тонну в час целевого продукта ($P_C=1\text{т/час}$). Результаты расчета представить в форме таблицы.

Вариант 1

Химическая реакция	$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{HCl}$
	A B C D

Вариант 2

Химическая реакция	$\underset{\text{A}}{\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2} + \underset{\text{B}}{3\text{H}_2} \longrightarrow \underset{\text{C}}{\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2} + \underset{\text{D}}{2\text{H}_2\text{O}}$
--------------------	---

Вариант 3

Химическая реакция	$\underset{\text{A}}{\text{CH}_2=\text{CH}_2} + \underset{\text{B}}{\text{J}_2} \longrightarrow \underset{\text{C}}{\text{CH}_2\text{J}-\text{CH}_2\text{J}} \underset{\text{D}}{\quad}$
--------------------	--

Вариант 4

Химическая реакция	$\underset{\text{A}}{\text{C}_6\text{H}_6} + \underset{\text{B}}{\text{HNO}_3} \longrightarrow \underset{\text{C}}{\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2} + \underset{\text{D}}{\text{H}_2\text{O}}$
--------------------	--

Вариант 5

Химическая реакция	$\underset{\text{A}}{\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}} \longrightarrow \underset{\text{C}}{\text{CH}_2=\text{CHCl}} + \underset{\text{D}}{\text{HCl}}$
--------------------	---

Вариант 6

Химическая реакция	$\underset{\text{A}}{\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3} \longrightarrow \underset{\text{C}}{\text{C}_6\text{H}_6} + \underset{\text{D}}{4\text{H}_2}$
--------------------	---

Вариант 7

Химическая реакция	$\underset{\text{A}}{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \longrightarrow \underset{\text{C}}{\text{CH}_2=\text{CH}_2} + \underset{\text{D}}{\text{H}_2\text{O}}$
--------------------	---

Вариант 8

Химическая реакция	$\underset{\text{A}}{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} + \underset{\text{B}}{\text{CH}_3\text{COOH}} \longrightarrow \underset{\text{C}}{\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5} + \underset{\text{D}}{\text{H}_2\text{O}}$
--------------------	--

Вариант 9

Химическая реакция	$\begin{array}{ccccccc} \text{C}_6\text{H}_{12} + \text{O}_2 & \longrightarrow & \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O} + \text{H}_2\text{O} \\ \text{А} & \text{В} & \text{С} & \text{Д} \end{array}$
--------------------	---

Вариант 10

Химическая реакция	$\begin{array}{ccc} \text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 & \longrightarrow & \text{C}_6\text{H}_{12} \\ \text{А} & \text{В} & \text{С} \end{array}$
--------------------	---

Вариант 11

Химическая реакция	$\begin{array}{ccccccc} 2\text{CO} + 4\text{H}_2 & \longrightarrow & \text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \\ \text{А} & \text{В} & \text{С} & \text{Д} \end{array}$
--------------------	--

Вариант 12

Химическая реакция	$\begin{array}{ccc} \text{C}_6\text{H}_{12} & \longrightarrow & \text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 \\ \text{А} & & \text{С} \quad \text{Д} \end{array}$
--------------------	---

Вариант 13

Химическая реакция	$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_3\text{OH} + \text{NH}_3 & \longrightarrow & \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \\ \text{А} & \text{В} & \text{С} & \text{Д} \end{array}$
--------------------	--