

Разновидности уравнений материальных балансов ВТП. Материальные расчеты идеальных ВТП

Материальный баланс (МБ) – аналитическое, табличное или графическое выражение закона сохранения массы в ВТП.

Разновидности МБ ВТП:

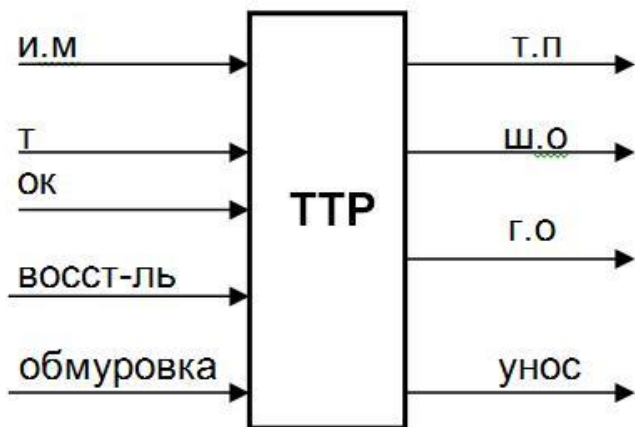
- 1) МБ компонентов;
- 2) МБ веществ;
- 3) МБ химических элементов.

Размерность – обычно кг (компонентов, веществ, элементов) на кг технологического продукта (технологического сырья).

$$m_{им} + m_m + m_{ок} + m_{\epsilon} + m_{об} = 1 + m_{ш.о} + m_{ун} + m_{го} \quad (3.1)$$

m_{ϵ} – удельный расход восстановителя
 $m_{об}$ – удельный расход обмуровки ТТР

$$m_{об} = m_{ун} = 0$$



В общем случае ВТП состоит из топочного и технологического процессов.

$$1 + m_{ок}^{топ} = m_{г.о}^{топ} + m_{ш.о}^{топ} + m_{ун}^{топ}; \quad (3.2)$$

$$m_{и.м} + m_{ок}^{тех} \text{ (или } m_{в} \text{)} + m_{об} = 1 + m_{г.о}^{тех} + m_{ш.о}^{тех} + m_{ун}^{тех}; \quad (3.3)$$

Термическое разложение: $m_{в} = 0$; $m_{ок} = m_{ок}^{топ}$ – только окислитель для топочного процесса.

Окислительные процессы: $m_{в} = 0$; $m_{ок} = m_{ок}^{топ} + m_{ок}^{тех}$.

Восстановительные процессы: $m_{в} > 0$; $m_{ок} = m_{ок}^{топ}$.

Общее УМБ:

$$\sum_{j=1}^{N_{\text{п}}} m_j = \sum_{i=1}^{N_{\text{и}}} m_i, \quad (3.4)$$

m_j – удельный выход j -го вещества с продуктами топочного и технологического процессов, кг/кг тп;

m_i – удельный расход i -го вещества, вводимого в топочный и технологический процессы, кг/кг тп;

$N_{\text{п}}$ – число веществ, присутствующих в продуктах;

$N_{\text{и}}$ – число веществ, присутствующих в исходных (вводимых) компонентах.

УМБ по веществам, входящим в состав компонентов топочного и технологического процессов:

для технологического процесса

$$\sum_{j=1}^{N_{\text{п}}^{\text{тех}}} m_j^{\text{тех}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{и}}^{\text{тех}}} m_i^{\text{тех}}, \quad \text{кг/кг т.п.} \quad (3.5)$$

для топочного процесса

$$\sum_{j=1}^{N_{\text{п}}^{\text{топ}}} m_j^{\text{топ}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{и}}^{\text{топ}}} m_i^{\text{топ}}, \quad \text{кг/кг (м}^3\text{) топлива} \quad (3.6)$$

В (3.6) величина $m_{\text{т}} = 1$.

Для k -го химического элемента составляем УМБ по технологическому процессу

$$\sum_{j=1}^{N_{\text{п}}^{\text{тех}}} m_{k,j}^{\text{тех}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{и}}^{\text{тех}}} m_{k,i}^{\text{тех}}, \quad \frac{\text{КГ К - ГО ЭЛЕМЕНТА}}{\text{КГ ТП}} \quad (3.7)$$

$$m_{k,j}^{\text{тех}} = m_j^{\text{тех}} \frac{M_k}{M_j} a_{k,j}, \quad (3.8)$$

M_k – атомная масса (масса 1 кг-атома) k -го элемента, кг;

M_j – молярная масса (масса 1 кмоля) j -го вещества, кг/кмоль;

$a_{k,j}$ – количество атомов k -го элемента в молекуле j -го вещества.

Замечание 1. Выражение $\frac{M_k}{M_j} a_{k,j}$ – это массовая доля k -го химического элемента

в j -м веществе. Это соображение помогает лучше понять формулу (3.8).

Замечание 2. Отметим, что $m_j^{\text{тех}} / M_j$ – количество молей j -го вещества, поэтому

для газообразных веществ удобнее использовать $V_j^{\text{тех}} / 22,4$, где $V_j^{\text{тех}}$ – удельный расход j -го газа, м³/кг т.п. В этом случае

$$m_{k,j}^{\text{тех}} = \frac{V_j^{\text{тех}}}{22,4} M_k a_{k,j}.$$

ПРИМЕР. В УМБ по кислороду $m_{\text{O}, \text{CO}_2}^{\text{тех}} = m_{\text{CO}_2}^{\text{тех}} \frac{16}{44} 2.$

Две характерные постановки задач материальных расчетов:

- первая постановка: задан состав только исходных материалов;
- вторая постановка: и исходных материалов, и продуктов процесса.

Выделяют материальные расчеты:

- идеальных ВТП;
- неравновесных ВТП;
- равновесных ВТП.

Исходные данные:

- 1) состав исходных компонентов;
- 2) перечень химических реакций.

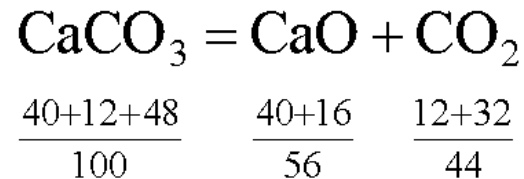
Искомые величины:

- 1) удельные расходы исходных компонентов;
- 2) удельный выход продуктов ВТП;
- 3) состав продуктов ВТП.

Пример 3.1. Термическое разложение известняка

Исходные данные:

- 1) состав исходных компонентов: $\text{CaCO}_3 = 100\%$
- 2) перечень химических реакций:



Решение:

- 1) удельный расход исходного материала (на кг технологического продукта):

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{100 \text{ кг CaCO}_3}{56 \text{ кг CaO}}$$

- 2) удельный выход углекислого газа:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{44 \text{ кг CO}_2}{56 \text{ кг CaO}} \quad \text{или} \quad V_{\text{CO}_2} = \frac{22,4 \text{ м}^3 \text{ CO}_2}{56 \text{ кг CaO}}$$