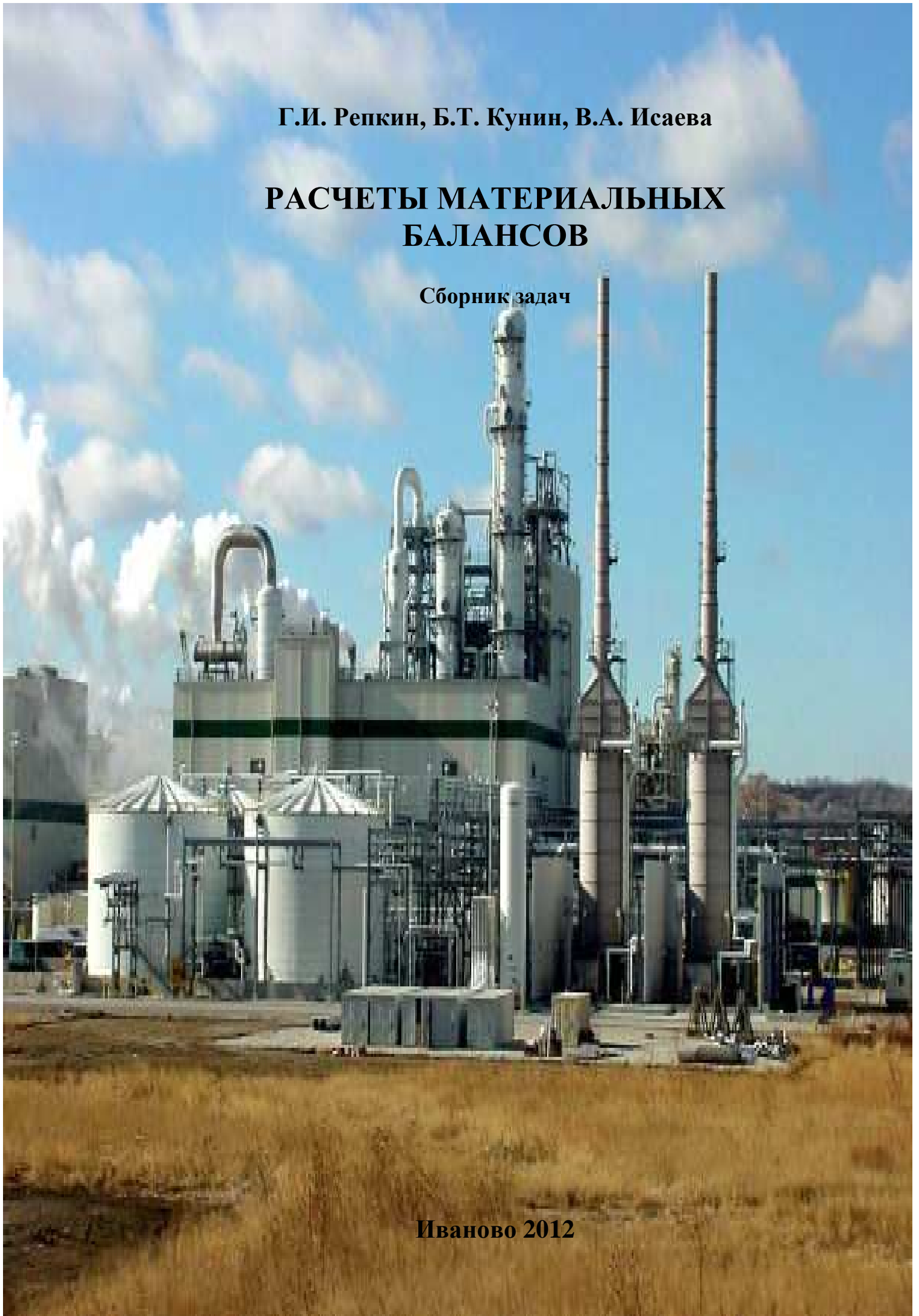


Г.И. Репкин, Б.Т. Кунин, В.А. Исаева

РАСЧЕТЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ БАЛАНСОВ

Сборник задач

Иваново 2012



Г.И. Репкин, Б.Т. Кунин, В.А. Исаева

РАСЧЕТЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ БАЛАНСОВ

Сборник задач



Иваново 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ивановский государственный химико-технологический университет

Г.И. Репкин, Б.Т. Кунин, В.А. Исаева

РАСЧЕТЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ БАЛАНСОВ

Сборник задач

Иваново 2012

УДК 66.01.(07)

Репкин, Г.И. Расчеты материальных балансов: сборник задач / Г.И. Репкин, Б.Т. Кунин, В.А. Исаева; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2012. - 68с.

ISBN 978-5-9616-0440-5

В сборнике приведены задания по расчету основных технологических критериев оценки эффективности и материальных балансов химических производств. Каждая глава содержит краткое теоретическое пояснение и примеры решения типовых задач.

Предназначен для студентов дневного отделения химико-технологических, механических и экономических профилей по направлениям подготовки 240100 (Химическая технология), 241000 (Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической промышленности, нефтехимии и биотехнологии), 151000 (Технологические машины и оборудование), 020100 (Химия), 080200 (Менеджмент).

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета

Рецензенты:

кафедра неорганической и аналитической химии Ивановского государственного университета;

доктор технических наук, профессор В.Н. Блиничев (Ивановский государственный химико-технологический университет).

ISBN 978-5-9616-0440-5

© Ивановский государственный
химико-технологический
университет, 2012

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- A, B, R, S – обозначения реагентов и продуктов реакции;
- a, b, r, s – стехиометрические коэффициенты в уравнении химической реакции;
- Δv – изменение числа молей при проведении реакции;
- C – молярная концентрация, моль/дм³, моль/л;
- V – общий внутренний объём реактора, дм³, м³;
- V_p – рабочий (реакционный) объём реактора, дм³, м³;
- V_o – начальный объёмный расход реагентов, дм³/с, м³/ч;
- N_j – количество молей вещества J, моль, кмоль;
- G_j – массовое количество вещества J, г, кг, т;
- Q – количество теплоты, Дж, кДж;
- ΔH – изменение энтальпии реакции, Дж/моль, кДж/кмоль;
- K_C, K_N, K_P – константы равновесия, выраженные через равновесные концентрации, молярные доли и парциальные давления, соответственно;
- χ_A – степень превращения реагента A;
- η_R – выход продукта R;
- K_T – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К);
- T – температура, К;
- t – температура, °С;
- S, F – площадь, м²;
- r – скорость элементарной стадии химической реакции, моль/(дм³·с);
- W_A – скорость процесса по компоненту A, моль/(дм³·с);
- $\Phi_{A \rightarrow R}$ – интегральная селективность превращения реагента A в R;
- $\phi_{A \rightarrow R}$ – дифференциальная селективность реакции получения вещества R;
- ϵ_A – коэффициент изменения объёма, рассчитанный по веществу A;
- ρ – плотность веществ, кг/м³;
- C_p – удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К);
- C'_p – молярная теплоёмкость, Дж/(моль·К);
- k – константа скорости химической реакции;
- M_i – масса моля (кмоль) i -го вещества.

ВВЕДЕНИЕ

Материальные расчеты являются основой технологических расчетов любого химического производства. Они необходимы как при проектировании нового, так и при анализе работы существующего производства.

Только оценив материальные потоки, можно произвести необходимые конструкционные расчеты производственного оборудования и коммуникаций, оценить экономическую эффективность и целесообразность процесса. На основе сравнительного технико-экономического анализа действующих производств представляется возможность выбрать наиболее рациональную технологическую схему, оптимальные конструкции аппаратов и условия осуществления процесса.

Сборник задач составлен в соответствии с требованиями Государственных общеобразовательных стандартов Российской Федерации. В нем рассматриваются расчёты основных критериев оценки эффективности и материальных балансов химического производства. Каждый раздел имеет теоретическое введение, примеры расчётов и контрольные задачи. Наличие примеров из различных областей химической технологии, а в ряде случаев обобщённых примеров, позволяет использовать его как для студентов технологических, так и механических профилей подготовки.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Теоретическое введение

Различают технологические, экономические, эксплуатационные и социальные критерии оценки эффективности работы химического производства. Рассмотрим некоторые из них, необходимые для приведённых в сборнике расчётов.

К технологическим критериям относятся: степень превращения исходных реагентов, выход продукта, селективность или избирательность переработки реагентов для сложных реакций, расходные коэффициенты по сырью и энергии.

Степень превращения реагента А (χ_A) – это доля переработанного реагента А от его исходного количества.

$$\chi_A = \frac{N_{A_0} - N_A}{N_{A_0}} = \frac{G_{A_0} - G_A}{G_{A_0}}, \quad (1.1)$$

где N_{A_0} – начальное количество реагента А, выраженное в молях (кмолях);

N_A – конечное количество реагента А, выраженное в молях (кмолях);

$\Delta N_A = N_{A_0} - N_A = N_{A_0} \chi_A$ – количество молей (кмолей) прореагировавшего реагента А;

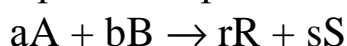
G_{A_0} – начальное количество реагента А, выраженное в г, кг, т;

G_A – конечное количество реагента А, выраженное в г, кг, т;

$\Delta G_A = G_{A_0} - G_A = G_{A_0} \chi_A$ – количество прореагировавшего реагента А, выраженное в г, кг, т.

Обычно под реагентом А подразумевается реагент, взятый в стехиометрическом соотношении с реагентом В или в недостатке.

Тогда для простой необратимой реакции типа:



текущее или конечное количество реагента А рассчитывается как

$$N_A = N_{A_0} (1 - \chi_A) \quad \text{или} \quad G_A = G_{A_0} (1 - \chi_A). \quad (1.2)$$

Используя стехиометрические закономерности, можно легко найти количество остальных прореагировавших реагентов и полученных продуктов реакции. Так, прореагировавшее количество реагента В равно

$$\Delta N_B = \frac{b}{a} N_{Ao} \chi_A \quad \text{или} \quad \Delta G_B = \frac{bM_B}{aM_A} G_{Ao} \chi_A, \quad (1.3)$$

а полученное количество продуктов реакции R и S, соответственно,

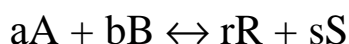
$$N_R = \frac{r}{a} N_{Ao} \chi_A \quad \text{или} \quad G_R = \frac{rM_R}{aM_A} G_{Ao} \chi_A \quad \text{и} \quad (1.4)$$

$$N_S = \frac{s}{a} N_{Ao} \chi_A \quad \text{или} \quad G_S = \frac{sM_S}{aM_A} G_{Ao} \chi_A. \quad (1.5)$$

Текущее или конечное количество реагента В рассчитывается как

$$N_B = N_{Bo} - \frac{b}{a} N_{Ao} \chi_A \quad \text{или} \quad G_B = G_{Bo} - \frac{bM_B}{aM_A} G_{Ao} \chi_A. \quad (1.6)$$

Для обратимых процессов в состоянии равновесия



существует понятие равновесной степени превращения χ_{Ap} .

$$\chi_{Ap} = \frac{N_{Ao} - N_{Ap}}{N_{Ao}} = \frac{G_{Ao} - G_{Ap}}{G_{Ao}}, \quad (1.7)$$

где N_{Ap} и G_{Ap} - количество реагента А в состоянии равновесия, выраженное в соответствующих единицах.

Выход продукта R (η_R) – это отношение количества практически полученного продукта (N_R, G_R) к максимально возможному его количеству, которое может быть получено при данных условиях осуществления химического процесса ($N_{R\max}, G_{R\max}$).

$$\eta_R = \frac{N_R}{N_{R\max}} = \frac{G_R}{G_{R\max}}. \quad (1.8)$$

Для простой необратимой реакции типа $aA + bB \rightarrow rR + sS$

$$\eta_R = \frac{N_R}{N_{R\max}} = \frac{\frac{r}{a} N_{Ao} \chi_A}{\frac{r}{a} N_{Ao}} = \chi_A \quad \text{или} \quad \eta_R = \frac{G_R}{G_{R\max}} = \frac{\frac{rM_R}{aM_A} G_{Ao} \chi_A}{\frac{rM_R}{aM_A} G_{Ao}} = \chi_A. \quad (1.9)$$

Для простой необратимой реакции выход продукта численно равен степени превращения реагента, взятого в недостатке.

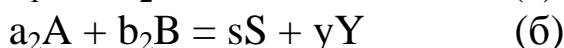
Для обратимых реакций типа $aA + bB \leftrightarrow rR + sS$

$$\eta_R = \frac{N_R}{N_{R \max}} = \frac{\frac{r}{a} N_{A_0} \chi_A}{\frac{r}{a} N_{A_0} \chi_{Ap}} = \frac{\chi_A}{\chi_{Ap}} \quad \text{или} \quad \eta_R = \frac{G_R}{G_{R \max}} = \frac{\frac{rM_R}{aM_A} G_{A_0} \chi_A}{\frac{rM_R}{aM_A} G_{A_0} \chi_{Ap}} = \frac{\chi_A}{\chi_{Ap}}. \quad (1.10)$$

Селективность или избирательность превращения реагента A – это понятие относится к сложно-параллельным реакциям, когда реагирующие вещества расходуются одновременно на несколько реакций. Различают интегральную (полную) – φ_j и дифференциальную (мгновенную) – φ'_j селективности.

Интегральная селективность (φ_j) показывает долю прореагировавшего реагента A, израсходованную на одну из нескольких одновременно идущих реакций.

Для сложных параллельных реакций типа:



интегральная селективность превращения реагента A в R рассчитывается как отношение количества реагента A, пошедшего на реакцию (a) (на получение продукта R), к общему количеству прореагировавшего реагента A.

$$\varphi_{A \rightarrow R} = \frac{\Delta N_{A \rightarrow R}}{\Delta N_{A \rightarrow R} + \Delta N_{A \rightarrow S}} = \frac{\Delta N_{A \rightarrow R}}{N_{A_0} \chi_A}. \quad (1.11)$$

Сумма интегральных селективностей по всем одновременно идущим реакциям равна 1, т.е. $\sum \varphi_{Ai} = 1$. Для нашего примера

$$\varphi_{A \rightarrow R} + \varphi_{A \rightarrow S} = 1. \quad (1.12)$$

Зависимость между выходом продукта, степенью превращения реагентов и селективностью для сложных параллельных необратимых реакций имеет вид:

$$\eta_R = \chi_A \varphi_{A \rightarrow R}, \quad (1.13)$$

а для сложных параллельных обратимых реакций

$$\eta_R = \frac{\chi_A \varphi_{A \rightarrow R}}{\chi_{Ap}}. \quad (1.14)$$

Дифференциальная селективность (ϕ'_j) – это отношение скорости превращения реагента А по одной из нескольких одновременно идущих реакций, например реакции (а) $r_{(a)}$, к суммарной скорости переработки реагента А по всем реакциям W_A .

$$\phi'_{A \rightarrow R} = \frac{r_{(a)}}{W_A} \quad (1.15)$$

Расходные коэффициенты (Р.К.) характеризуют затраты сырья (с учётом примесей) или энергии (энергоносителя), необходимые для получения единицы продукта.

Например, расходный коэффициент по техническому сырью $A_{\text{тех}}$, используемому для получения продукта R, рассчитывается по формуле

$$P.K._{A_{\text{тех}}} = \frac{G_{A_{\text{тех}}}^0}{G_R}, \quad (1.16)$$

где $G_{A_{\text{тех}}}^0$ – количество технического сырья $A_{\text{тех}}$, затраченное на получение продукта R в количестве G_R .

Размерность расходных коэффициентов зависит от вида сырья и вида продукта, например: кг/кг; м³/кг; кг/м³; кДж/кг и т.д.

Производительность (П) характеризует количество готового продукта, полученного за единицу времени.

$$П = G_{\text{пр}}/\tau, \quad (\text{кг/ч; т/сутки; м}^3/\text{сутки т.д.}) \quad (1.17)$$

где $G_{\text{пр}}$ – количество продукта, полученное за время τ .

Для механических и физических процессов под производительностью часто понимают количество сырья, переработанного в единицу времени.

Для химического реактора производительность может быть найдена как

$$П = (r_a/a) V_0 C_{A_0} \chi_A \quad \text{или} \quad П = V_0 C_R, \quad (1.18)$$

где V_0 – объемный расход реакционной смеси;

C_{A_0} – начальная концентрация реагента А;

C_R – концентрация продукта R;

a, r – стехиометрические коэффициенты в уравнении химической реакции.

Максимально возможная для данного агрегата, машины производительность называется мощностью. Одним из основных направлений развития химической промышленности является увеличение

единичной мощности агрегатов, так как оно ведет к снижению удельных капитальных затрат, повышению производительности труда.

Повышение производительности достигается, во-первых, увеличением размеров аппарата до оптимальных значений, во-вторых, увеличением интенсивности работы аппарата.

Интенсивностью работы аппарата (I) называется его производительность, отнесённая к какой-либо величине, характеризующей размеры аппарата - внутреннему объёму аппарата (V), его площади поперечного сечения (S), объёму катализатора и т. д.

$$I = \Pi/V, \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч}); \quad I = \Pi/S, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}). \quad (1.19)$$

Понятие интенсивности работы аппарата используют для сравнения работы аппаратов различного устройства и размеров, но в которых протекает один и тот же процесс.

Увеличение интенсивности работы аппаратов возможно за счет улучшения конструкции аппаратов и совершенствования технологических процессов в аппаратах данного типа.

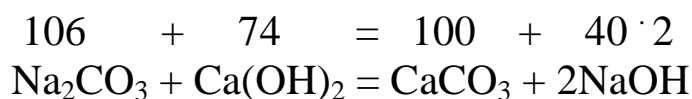
1.2. Примеры расчетов

Пример 1

Для получения 2,0 т 92%-го раствора едкого натра известково-содовым методом используется 10%-й водный раствор Na_2CO_3 , приготовленный из 3000 кг 95%-й (мас.%) кальцинированной соды, и известь, содержащая 2 мас.% примесей. Известь берётся в избытке 5% по отношению к стехиометрическому количеству.

Определить: 1) степень каустификации (превращения) соды;
2) выход едкого натра;
3) расходные коэффициенты по сырью.

Решение



1. Определяем количество чистой соды, вводимой в процесс.

$$3000 \cdot 0,95 = 2850 \text{ кг.}$$

2. Определяем количество воды, взятой для приготовления 10%-го содового раствора.

$$\frac{2850 \cdot 90}{10} = 25650 \text{ кг.}$$

3. Определяем количество чистой извести, вводимой в процесс:

а) стехиометрическое количество;

106 кг Na_2CO_3 по уравнению взаимодействует с 74 кг $\text{Ca}(\text{OH})_2$

2850 кг Na_2CO_3 взаимодействует с X кг $\text{Ca}(\text{OH})_2$

$$X = \frac{2850 \cdot 74}{106} = 1989,6 \text{ кг,}$$

б) с учётом 5%-го избытка по отношению к стехиометрическому количеству;

$$1989,6 \cdot 1,05 = 2089,1 \text{ кг.}$$

4. Количество технической извести

2089,1 кг чистой $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составляет 98%

X кг технической $\text{Ca}(\text{OH})_2$ составляет 100%

$$X = \frac{2089,1 \cdot 100}{98} = 2131,7 \text{ кг.}$$

5. Количество образовавшегося 100%-го NaOH

$$2000 \cdot 0,92 = 1840 \text{ кг.}$$

6. Определяем количество соды, пошедшей на получение 1840 кг NaOH.

Из 106 кг Na_2CO_3 получают 80 кг NaOH

Из X кг Na_2CO_3 получают 1840 кг NaOH

$$X = \frac{106 \cdot 1840}{80} = 2438 \text{ кг.}$$

7. Определяем степень превращения соды.

$$\chi_{\text{NaOH}} = \frac{2438}{2850} 100 = 85,5\%$$

8. Найдём максимальное количество NaOH, которое можно получить из всей вводимой в процесс чистой соды.

Из 106 кг Na_2CO_3 получают 80 кг NaOH

Из 2850 кг Na_2CO_3 получают X кг NaOH

$$X = \frac{2850 \cdot 80}{106} = 2151 \text{ кг.}$$

9. Определяем выход едкого натра.

$$\eta_{\text{NaOH}} = \frac{1840}{2151} 100 = 85,5\%$$

$\eta_{\text{NaOH}} = \chi_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$, что и следовало ожидать для простых реакций.

10. Определяем расходные коэффициенты по сырью для получения 92% -го раствора NaOH.

$$\text{Р.К. соды} = \frac{3000}{2000} = 1,5 \text{ кг/кг 92\%-го раствора едкого натра;}$$

$$\text{Р.К. извести} = \frac{2131,7}{2000} = 1,07 \text{ кг/кг 92\%-го раствора едкого натра;}$$

$$\text{Р.К. воды} = \frac{25650}{2000} = 12,83 \text{ кг/кг 92\%-го раствора едкого натра.}$$

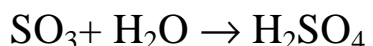
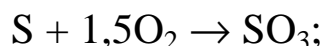
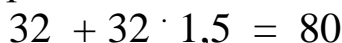
Пример 2

Из 1 тонны колчедана, содержащего 40 мас.% серы, получается 1,1 т 25%-го олеума. Определить выход продукта из расчёта на 100%-ю серную кислоту.

Решение

Для определения выхода продукта необходимо найти реальное количество серной кислоты, которое можно получить разбавлением олеума и теоретическое количество кислоты, которое можно получить из 1т колчедана.

Химическая схема процесса может быть представлена как



1. Рассчитываем количество серы, содержащейся в 1т (1000кг) колчедана.

$$1000 \cdot 0,4 = 400 \text{ кг.}$$

2. Рассчитываем количество 100%-й серной кислоты, которое можно получить из 400кг серы.

Из 32 кг S получают 98 кг H₂SO₄

Из 400 кг S получают X кг H₂SO₄

$$X = \frac{400 \cdot 98}{32} = 1220 \text{ кг.}$$

3. Определяем количество 100%-й H₂SO₄, которое можно получить разбавлением 1,1т 25%-го олеума.

В 100г олеума содержится 25г SO₃ и 75г 100%-й H₂SO₄.

Из 80г SO₃ получают 98г H₂SO₄
Из 25г SO₃ получают Xг H₂SO₄

$$X = \frac{25 \cdot 98}{80} = 30,62 \text{ г.}$$

Следовательно,

из 100г 25%-го олеума разбавлением можно получить 75+30,6 = 105,6г 100%-й H₂SO₄,

а из 1100кг 25%-го олеума можно получить X кг 100%-й H₂SO₄.

$$X = 1100 \frac{105,6}{100} = 1160 \text{ кг.}$$

4. Определяем выход продукта:

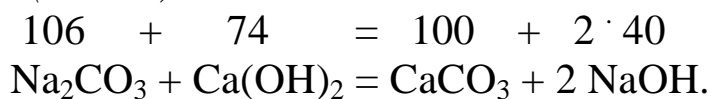
$$\eta_{H_2SO_4} = \frac{1160}{1220} 100 = 95,2 \text{ \%}.$$

Пример 3

Определить расходный коэффициент по соде при получении едкого натра известково-содовым методом. Конечный продукт по анализу содержит 97 мас.% NaOH. Потери щёлочи в производстве составляют 6% от её общего количества, а потери соды со шламом составляют 3,5% от её общего расхода.

Решение

Для определения расходного коэффициента по соде необходимо найти количество соды, с учётом потерь, необходимое для получения 1кг 97% NaOH (мас.%).



1. Найдём количество 100% -й NaOH в 1000 кг технического продукта.

$$1000 \cdot 0,97 = 970 \text{ кг.}$$

2. Определим количество NaOH, которое необходимо получить, с учётом потерь.

970кг NaOH составляют 94%
X кг NaOH составляют 100%

$$X = \frac{970}{0,94} = 1032 \text{ кг.}$$

3. Найдём количество соды, необходимое для получения 1032 кг NaOH.

106 кг Na₂CO₃ необходимо для получения 80 кг NaOH

X кг Na₂CO₃ необходимо для получения 1032 кг NaOH

$$X = \frac{106 \cdot 1032}{80} = 1367 \text{ кг.}$$

4. Найдём необходимое количество соды с учётом потерь.

1367 кг Na₂CO₃ составляют 96,5%

X кг Na₂CO₃ составляют 100 %

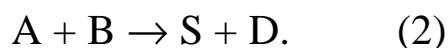
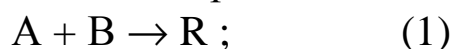
$$X = \frac{1367 \cdot 100}{96,5} = 1417 \text{ кг.}$$

5. Рассчитаем расходный коэффициент по соде для получения 97 % -го NaOH.

$$\text{Р.К. Na}_2\text{CO}_3 = \frac{1417}{1000} = 1,417 \text{ кг/кг 97 \% -го NaOH.}$$

Пример 4

В реакторе протекают параллельные реакции типа:



Реагент А подаётся в аппарат в количестве 100 молей, а реагент В в количестве 150 молей. Интегральная селективность превращения вещества А в D составляет $\varphi_{A \rightarrow D} = 0,8$. Степень превращения вещества А $\chi_A = 0,45$.

Определить выход веществ R и D, интегральную селективность превращения реагента А в R ($\varphi_{A \rightarrow R}$) и степень превращения реагента В. Представить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

Решение

1. Определяем селективность превращения реагента А в продукт R.

Сумма интегральных селективностей превращения реагента А по всем одновременно идущим реакциям равна 1, т.е.

$$\varphi_{A \rightarrow R} + \varphi_{A \rightarrow D} = 1.$$

Откуда $\varphi_{A \rightarrow R} = 1 - 0,8 = 0,2$.

2. Выход продуктов R и D определяем по формуле (1.13).

$$\eta_R = X_A \varphi_{A \rightarrow R} = 0,45 \cdot 0,2 = 0,09.$$

$$\eta_D = X_A \varphi_{A \rightarrow D} = 0,45 \cdot 0,8 = 0,36.$$

3. Количество веществ в расходе (по окончании реакции) может быть рассчитано из формулы (1.8).

$$N_R = \eta_R N_{R_{\max}} = 0,09 \cdot 100 = 9 \text{ моль},$$

где $N_{R_{\max}} = 100$ моль – теоретическое количество продукта R, которое могло бы быть получено при полной переработке реагента A по реакции (1).

Согласно стехиометрическим соотношениям по реакции (1), из 1 моля реагента A можно получить 1 моль продукта R, тогда из 100 молей реагента A по реакции (1) можно получить 100 молей продукта R.

Аналогичные рассуждения проводятся при определении $N_{D_{\max}}$.

$$N_D = \eta_D N_{D_{\max}} = 0,36 \cdot 100 = 36 \text{ моль}.$$

$$\text{Тогда } N_A = N_{A_0} - N_{A \rightarrow R} - N_{A \rightarrow D} = 100 - 36 - 9 = 55 \text{ моль};$$

$$N_B = N_{B_0} - N_{B \rightarrow R} - N_{B \rightarrow D} = 150 - 36 - 9 = 105 \text{ моль}.$$

4. Определяем степень превращения реагента B.

Степень превращения реагента B рассчитывается по уравнению

$$\chi_B = \frac{N_{B_0} - N_B}{N_{B_0}} = \frac{\Delta N_B}{N_{B_0}},$$

где N_{B_0} – начальное число молей реагента B;

N_B – конечное число молей реагента B;

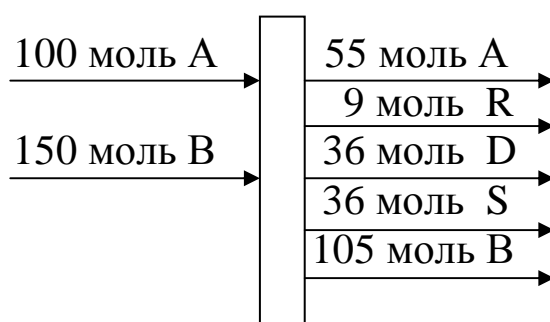
ΔN_B – суммарное количество реагента B, прореагировавшее по двум реакциям.

По правилу стехиометрии, на получение 9 молей продукта R затрачено 9 молей реагента B, а на 36 молей продукта D затрачено 36 молей реагента B. Тогда суммарное количество прореагировавшего реагента B равно

$$\Delta N_B = 9 + 36 = 45 \text{ молей}.$$

$$\text{Откуда } \chi_B = \frac{\Delta N_B}{N_{B_0}} = \frac{45}{150} = 0,3.$$

Схема материальных потоков.



1.3. Контрольные задачи

№ 1-4

Определить степень обжига известняка и расходный коэффициент по сырью, если в «а» т конечного продукта содержится «в» мас.% СаО, «с» мас.% карбоната кальция, остальное – инертные примеси. Обжиг известняка идёт по реакции



№	1	2	3	4
а	1,0	1,5	2,0	2,5
в	80	84	86	89
с	15	10	8	7

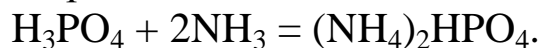
№ 5-8

Из 1 т колчедана, содержащего «а» мас. % FeS₂, получается «в» т олеума с концентрацией «с» мас. % свободного SO₃. Определить степень превращения FeS₂.

№	5	6	7	8
а	75	79	88	87
в	1,11	1,17	1,22	1,28
с	18	19	20	21

№ 9-12

Аммофос получают насыщением аммиаком 50%-го раствора фосфорной кислоты по реакции

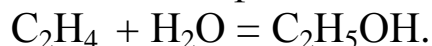


Рассчитать степень превращения реагентов и расходные коэффициенты по сырью при производстве «а» т аммофоса, если потери раствора фосфорной кислоты составляют «в» %, а аммиака «с» % .

№	9	10	11	12
а	8	10	5	12
в	4,0	4,0	3,5	4,2
с	3,5	4,0	3,0	3,7

№ 13-16

Получение этилового спирта методом прямой гидратации основано на реакции, идущей в газовой фазе.



Исходные реагенты берутся в стехиометрическом соотношении. При осуществлении процесса по схеме с открытой цепью степень превращения этилена составляет «а» % , а с закрытой цепью – «в» % .

Сравнить расходные коэффициенты по сырью (в кг и м³ при нормальных условиях) на 1 т 100%-го этилового спирта для циклического процесса и процесса с открытой цепью.

№	13	14	15	16
а	5	4	3	2
в	90	92	94	96

№ 17-20

При получении дивинила методом дегидрирования бутана протекает реакция



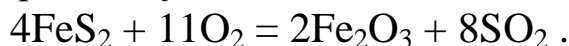
Выход дивинила составляет «η» % , содержание бутана в исходном газе «а» об. % , остальное азот.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью (в кг и м³ при нормальных условиях) на 1 т 100%-го дивинила.

№	17	18	19	20
η	44	42	40	38
а	98	96	94	92

№ 21-24

Сернистый ангидрид получается обжигом колчедана по реакции



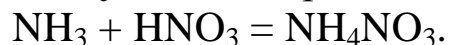
В производстве используется колчедан с содержанием «а» мас.% основного вещества, сера из колчедана выгорает на «в» % . Кислород поступает из воздуха, коэффициент избытка воздуха 1,2 по отношению к стехиометрическому количеству. Состав воздуха принять 21 об.% O₂, 79 об.% N₂.

Рассчитать расходные коэффициенты по колчедану и воздуху на 1 м³ SO₂ при нормальных условиях.

№	21	22	23	24
a	82	96	88	94
в	98	98,5	99	97,5

№ 25-28

Аммиачная селитра получается по реакции



В производстве используется «а» мас.% аммиак и «в» мас.% азотная кислота. Производственные потери каждого вида сырья составляют «с» мас.%.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью на 1т 98 %-й селитры.

№	25	26	27	28
a	95	97	98	100
в	55	60	52	47
с	1,5	0,5	1,0	1,0

№ 29-32

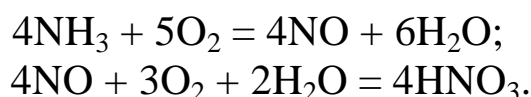
Химический состав оконного стекла выражается формулой $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$. Составные части стекла образуются из следующих веществ: Na_2O – соды; CaO – известняка; SiO_2 – песка.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью при получении «m» кг готового стекла, если сода содержит «а» массовой доли Na_2CO_3 , известняк – «в» массовой доли CaCO_3 , а песок – «с» массовой доли SiO_2 .

№	29	30	31	32
a	0,93	0,95	0,94	0,95
в	0,90	0,85	0,92	0,91
с	0,99	0,98	1,00	0,97
m	200	500	300	700

№ 33-36

Получение слабой азотной кислоты можно представить как процесс, состоящий из двух основных стадий:



Исходные вещества берутся в стехиометрическом соотношении. Степень окисления аммиака в 1-й стадии равна « χ_1 », степень превращения окиси азота во 2-й стадии « χ_2 ».

Рассчитать расходные коэффициенты по аммиаку в кг и воздуху в м³ на 1 т 100 %-й HNO₃, если для окисления используется воздух состава: 23 мас.% O₂, и 77% мас.% N₂.

№	33	34	35	36
χ_1	0,98	0,97	0,96	0,95
χ_2	0,98	0,96	0,94	0,92

№ 37- 40

Синтез ацетальдегида в газовой фазе осуществляется по реакции

$$\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{COH}.$$

Ацетилен подаётся на конверсию с примесью 2 об.% N₂. Степень конверсии ацетилена « χ » %. Коэффициент избытка водяного пара по отношению к стехиометрическому количеству «а».

Рассчитать расходные коэффициенты по ацетилену в м³ и водяному пару в кг при получении «m» кг ацетальдегида.

№	37	38	39	40
χ	50	54	55	60
a	1,05	1,10	1,15	1,20
m	500	800	1200	1500

№ 41-44

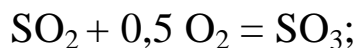
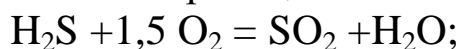
Для получения растворимого стекла сплавляют песок, содержащий 98 мас.% SiO₂, и кальцинированную соду, содержащую 95 мас.% основного вещества. Состав стекла соответствует формуле Na₂O·nSiO₂, где n – модуль растворимого стекла. В процессе спекания «а» % соды теряется.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью на 1 т стекла.

№	41	42	43	44
n	1	2	3	4
a	4	3	2	1

№ 45-48

Процесс получения серной кислоты из сероводорода сопровождается следующими химическими реакциями:



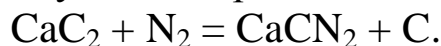
Из 10 м^3 газа (в пересчёте на нормальные условия) состава: «а» об.% H_2S , «в» об.% N_2 , «с» об.% H_2O получается «m» кг 93 %-й серной кислоты.

Рассчитать выход серной кислоты.

№	45	46	47	48
а	90	88	85	80
в	5	6	10	12
с	5	6	5	8
m	40	34	32	30

№ 49-52

Цианамид кальция получают по реакции



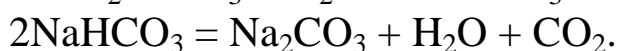
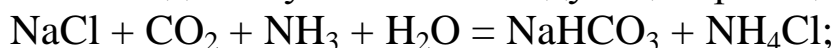
На «G» т технического цианамид, содержащего «а» мас.% связанного азота, расходуется «в» м^3 азота (в пересчёте на нормальные условия).

Рассчитать выход цианамид по азоту.

№	49	50	51	52
а	18	20	19	18,5
в	342	3600	700	1500
G	1	10	2	4

№ 53-56

Кальцинированная сода получается по следующим реакциям:



Определить выход соды по NaCl , если на 1 т «а» мас.% кальцинированной соды расходуется «в» м^3 рассола, содержащего «с» г/л NaCl .

№	53	54	55	56
a	95	96	93	96
b	5	4,8	6	4,4
c	310	305	300	280

№ 57-60

Печной газ, поступающий в контактный аппарат, имеет состав в объёмных %: «а» – SO₂, «в» – O₂, остальное азот. После контактирования 1000 м³ исходного газа в газовой смеси остаётся «V» м³ SO₂.

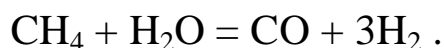
Определить степень контактирования и состав газа после контактного аппарата. Процесс протекает по реакции



№	57	58	59	60
a	7	9	11	15
b	11	10	15	20
V	2	5	10	20

№61-64

Процесс конверсии природного газа водяным паром протекает по реакции



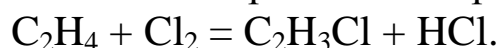
Состав природного газа упрощенно принять: CH₄ – «а» об. % , остальное азот. Мольное соотношение пар : метан на входе в реактор равно «в». Степень конверсии CH₄ составляет «χ» %.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью на «m» кг получаемого водорода.

№	61	62	63	64
a	94	95	97	98
b	1,8	2,0	2,2	2,5
χ	70	75	80	85
m	500	800	1200	1400

№65-68

Получение хлористого винила протекает по реакции



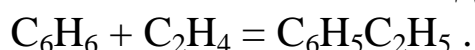
Содержание примесей в техническом этилене «а» мас.%, в техническом хлоре – «в» мас.%. Расходные коэффициенты по этилену «с» кг/кг хлористого винила, по хлору «d» кг/кг хлористого винила.

Рассчитать степень превращения реагентов при получении «m» кг 100 %-го хлористого винила.

№	65	66	67	68
a	1,2	1,5	1,8	2,0
b	1,0	1,2	1,4	1,6
c	0,60	0,64	0,68	0,70
d	1,30	1,35	1,40	1,43
m	300	600	700	900

№69-72

Процесс алкилирования бензола этиленом идет по реакции



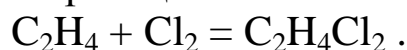
Исходное сырье содержит примеси: бензол – «а» мас.%, этилен – «в» мас.%. Соотношение реагентов на входе в реактор стехиометрическое. Степень превращения бензола «χ» %. Потери продукта при выделении и очистке составляют «с» %.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью при получении «m» кг 100 %-го этилбензола (побочными реакциями пренебречь).

№	69	70	71	72
a	1,0	1,2	1,6	2,0
b	3,0	3,5	4,0	5,0
χ	60	70	80	85
c	2,0	2,2	2,6	3,0
m	650	800	1200	1450

№ 73-76

Дихлорэтан получают по реакции



Для проведения процесса используется технический хлор состава: «а» об.% Cl_2 , «в» об.% N_2 ; и технический этилен состава: «с» об.% C_2H_4 , «d» об.% C_2H_6 . Степень превращения хлора составляет 100%. Этилен берется с избытком «f» об.% от стехиометрического количества, потери дихлорэтана при выделении составляют «h» об.%.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью на «m» кг 100 %-го дихлорэтана (побочными реакциями пренебречь).

№	73	74	75	76
a	95	96	97	98
b	5	4	3	2
c	94	95	96	97
d	6	5	4	3
f	5	6	7	8
h	3,5	4,0	4,5	5,0
m	400	800	1200	1600

№ 77-80

Этилен получают путем пиролиза пропана:



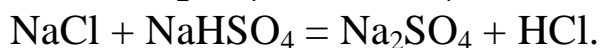
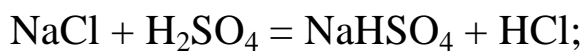
В продуктах реакции содержится «a» об.% пропана.

Рассчитать степень превращения пропана, выход этилена и расходный коэффициент по сырью в кг и м³. Расчет провести на «m» тонн этилена.

№	77	78	79	80
a	0,5	1,0	0,6	0,8
m	2	4	1	3

№ 81-84

Получение HCl и Na₂SO₄ основано на последовательном протекании реакций:



Концентрация применяемой для процесса серной кислоты равна «a» мас.%. В процессе используется 100 мас.% NaCl.

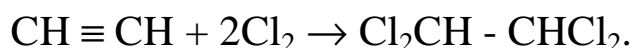
Полученный технический сульфат натрия имеет состав: Na₂SO₄ – «b» мас.%; NaHSO₄ – «c» мас.%; NaCl – «d» мас.%; остальное – неиспарившаяся вода и растворившийся хлористый водород.

Определить степень превращения реагентов и расходные коэффициенты по сырью. Расчет провести на «m» кг технического сульфата натрия.

№	81	82	83	84
a	75	73	78	74
b	91,5	91,2	92,0	91,0
c	4,7	4,5	4,0	4,8
d	2,0	2,5	3,0	2,2
m	2000	1000	1500	2500

№ 85-88

При хлорировании ацетилена получают 1,2-тетрахлорэтилен по реакции



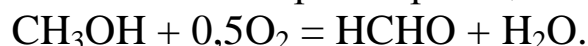
В продуктах реакции содержится «а» об.% ацетилена. Исходные реагенты взяты в стехиометрических количествах.

Рассчитать степень превращения реагентов, выход продукта и расходные коэффициенты по сырью в кг и м³. Расчет провести на «m» тонн 1,2-тетрахлорэтилена.

№	85	86	87	88
a	2	1	1,5	0,5
m	3	2	1	2

№ 89-92

Формальдегид получают окислением 99 мас.-%-го метанола в газовой фазе на серебряном катализаторе по реакции



В результате протекания побочных реакций образуются муравьиная кислота и другие продукты.

Интегральная селективность переработки метанола по основной реакции равна «а» %.

Кислород поступает из воздуха. Состав воздуха принять 21 об. % O₂ и 79 об. % N₂. Избыток кислорода составляет «в» % от стехиометрически необходимого количества.

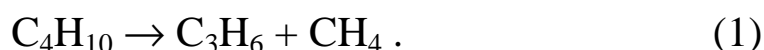
В продуктах реакции содержится «с» кг непрореагировавшего метанола.

Определить степень превращения метанола, выход формальдегида и расходные коэффициенты по сырью при получении «m» кг формальдегида.

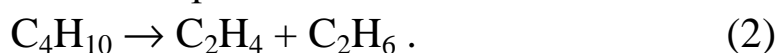
№	89	90	91	92
a	95	96	97	98
b	15	10	20	12
c	300	400	100	150
m	5000	10000	4000	6000

№ 93-96

Пропилен получают путем пиролиза бутана в газовой фазе по реакции



При этом протекает побочная реакция



Содержание пропилена в продуктах реакции составляет «а» об.%, а этилена – «в» об.%.

Рассчитать степень превращения бутана, выход пропилена, интегральную селективность переработки бутана по реакциям (1) и (2), расходный коэффициент по сырью в кг и м³ на 1 т пропилена.

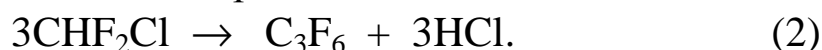
№	93	94	95	96
a	40	42	39	41
b	3	5	10	6

№ 97-100

Тетрафторэтилен получают пиролизом монохлордифторметана по реакции



При этом протекает побочная реакция



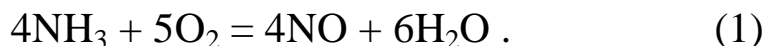
Интегральная селективность переработки сырья по реакции (1) равна «φ».

Рассчитать, сколько образуется C₃F₆, если по основной реакции получено «m» кг тетрафторэтилена.

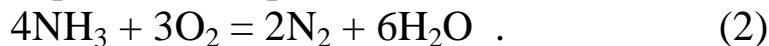
№	97	98	99	100
φ	0,90	0,80	0,95	0,85
m	1200	1500	2000	2200

№ 101-104

Оксид азота получается при окислении аммиака кислородом воздуха по реакции



При этом протекает параллельная реакция



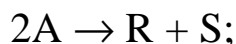
Интегральная селективность превращения аммиака по реакции (1) равна « φ », а количество NO в продуктах составляет « m » кг.

Рассчитать количество азота в продуктах окисления и исходное количество аммиака, если степень превращения NH_3 « χ » %.

№	101	102	103	104
φ	0,96	0,95	0,92	0,98
m	1000	1500	2000	1200
χ	96	98	99	94

№ 105 (106)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:



Вещество R – целевой продукт. Степень превращения реагента A – 0,5 (0,7), интегральная селективность превращения реагента A в R – 0,7 (0,8). Начальное количество реагента A – 20 (15) моль.

Определить выход веществ R и D, интегральную селективность превращения реагента A в D. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№107 (108)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:



Выход продукта R составляет 0,48 (0,56), выход продукта D – 0,32 (0,14).

Определить степень использования реагента A и интегральную селективность процессов превращения реагента A в продукты R и D, если на вход реактора подается 50 (30) моль реагента A.

Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№109 (110)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:

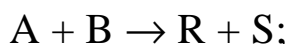


Выход целевого продукта R составляет 0,3 (0,4). Вещества A поступает на реакцию 10 (20) моль. Интегральная селективность превращения реагента A в R 0,6 (0,7).

Определить интегральную селективность превращения реагента A в D, выход продукта D и степень превращения реагента A. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№111 (112)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:



Реагента A подается в систему 25 (15) молей, реагента B 20 (12) молей. Степень превращения реагента B составляет 0,4 (0,6). Затраты реагента B на создание продукта R 6 (5) моль.

Определить степень превращения реагента A, интегральную селективность превращения реагента B в R и D и выход веществ R и D. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№113 (114)

В реакторе протекают последовательные реакции типа:

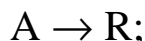


На реакцию подается 10 (30) молей реагента A. Вещества R получено в ходе процесса 4 (24) моля. Интегральная селективность превращения реагента A в R равна 0,4 (0,6).

Определить выход веществ R и D, степень превращения реагента A. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№115 (116)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:

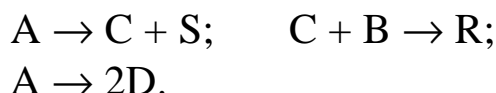


Вещества поступают в количестве: А – 40 (30) моль, В – 40 (30) моль. Степень превращения реагента А составляет 0,5 (0,6), реагента В – 0,3 (0,4).

Определить интегральную селективность переработки реагентов А и В в продукты R, D и выходы веществ R и D. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№117 (118)

В реакторе протекают сложно-параллельные и последовательные реакции типа:

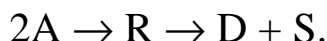


Определить интегральную селективность превращения реагента А в продукт R, выход продукта R и степень превращения реагента А, если интегральная селективность превращения реагента А в продукт С составляет 0,3 (0,2), а в продукт D – 0,2(0,1). Выход продукта D равен 0,1(0,08). На вход реактора подается реагента А 16(20) молей, реагента В 4 (15) молей.

Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№119 (120)

При получении продукта R протекают реакции типа:

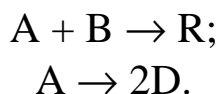


Интегральная селективность превращения реагента А в продукт D составляет 0,2 (0,4). Степень превращения реагента А равна 0,7 (0,9).

Определить состав конечной смеси и выходы продуктов, если на вход реактора подается 20 (25) молей реагента А. Составить схему материальных потоков.

№ 121 (122)

В реакторе протекают сложные реакции типа:



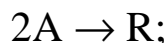
Определить степень превращения реагента В, интегральную селективность превращения реагента А в R и D и выход продукта R, если в систему подается 50 (40) молей реагента А и 50 (45) молей реа-

гента В. Степень превращения реагента А составляет 0,9 (0,8). Выход продукта D равен 0,2 (0,3).

Составить схему материальных потоков, рассчитать состав конечной смеси.

№ 123 (124)

Процесс протекает по реакциям типа:

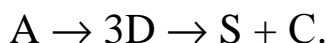
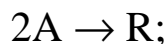


Определить степень превращения исходного реагента А, интегральную селективность превращения реагента А в продукт R и выход продукта S, если в конечной смеси обнаружено, что вещества R содержится 50 (40) моль, вещества D 60 (90) моль, вещества S 40 (60) моль и реагента А 20 (30) моль.

Составить схему материальных потоков. Рассчитать начальное количество реагента А.

№125 (126)

В реакторе протекают сложные параллельно-последовательные реакции типа:

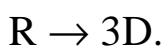


Интегральная селективность превращения реагента А в R составляет 0,4 (0,3). Степень превращения χ_A равна 0,8 (0,9). В конечной смеси обнаружено 6 (15) моль вещества S.

Определить выход продуктов R, D, S, C и интегральную селективность превращения реагента А в D, если исходное количество реагента А равно 60 (40) моль. Составить схему материальных потоков и рассчитать конечные количества всех веществ.

№127 (128)

В реакторе протекают сложные параллельно-последовательные реакции типа:



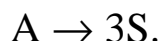
Определить выход продукта D, если известно, что интегральная селективность переработки реагента А в S составляет 0,3 (0,4), а степень превращения реагента А равна 0,9 (0,8). Реагент А подается в

систему в количестве 20 (30) молей. В продуктах реакции обнаружено 3 (4) моля промежуточного вещества R.

Рассчитать конечные количества всех веществ, представить схему материальных потоков.

№ 129 (130)

Процесс получения вещества R протекает по реакциям типа:

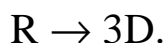


В конечной смеси обнаружено: вещества A – 25 (4) моля, D – 15 (6) молей, S – 15 (9) молей и R – 30 (12) молей.

Определить степень превращения реагента A, интегральную селективность превращения реагента A в R, D, S и выход продукта D. Составить схему материальных потоков. Рассчитать начальное количество реагента A.

№ 131 (132)

Процесс протекает по реакциям типа:

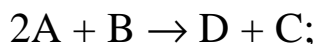


В систему было подано 10 (15) молей вещества A. На выходе обнаружено: R – 2 (4) моля, D – 9 (24) моля, S – 8 (12) молей.

Определить степень превращения реагента A, выход продуктов R, D, S, C и интегральную селективность превращения реагента A в D. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№ 133 (134)

Процесс идет по параллельным реакциям типа:



Степень превращения реагента A равна 0,5 (0,6). Выход продукта S составляет 0,2 (0,1). Рассчитать интегральную селективность превращения реагента A в R и D, выход продуктов R и D и степень превращения реагента B.

Составить схему материальных потоков, рассчитать конечные количества всех веществ, если исходное количество реагента A равно 20 (16) молей, а реагента B – 10 (8) молей.

№ 135 (136)

Процесс осуществляется по реакциям типа:

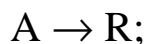


Вещество А взято в количестве 8 (12) молей, а вещество В – 18 (24) молей. Степень превращения реагента А равна 0,8 (0,9). Количество полученного продукта R составляет 4 (8) моля.

Определить интегральную селективность превращения реагента А в R и D, выход продуктов R и D, степень превращения реагента В. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№137 (138)

Продукт R получается в результате проведения реакций типа:



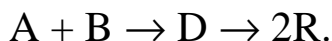
Анализ конечных продуктов показал, что в них содержится реагента А – 40 (20) молей, продукта R – 20 (10) молей, вещества D – 20 (10) молей.

Определить степень превращения реагента А, выход продукта R, интегральную селективность превращения реагента А в R.

Составить схему материальных потоков. Рассчитать начальное количество реагента А.

№139 (140)

Процесс осуществляется по реакции типа:



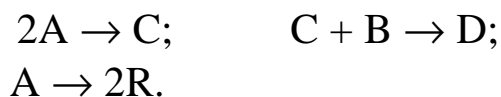
В продуктах реакции обнаружено 4 (6) молей вещества R и 8 (15) молей продукта D.

Определить степень превращения реагентов А и В, выход продуктов D, R и интегральную селективность превращения реагента А в D, если в систему подается 10 (20) молей реагента А и 12 (22) молей реагента В.

Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№ 141 (142)

Продукт D получают в результате проведения сложных многостадийных реакций типа:

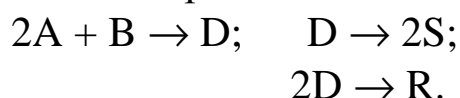


Рассчитать степень превращения реагента В, выход продукта D и интегральную селективность превращения реагента А в R, D, С, если известно, что в конечных продуктах содержится реагента А 2 (4) моля, реагента В – 4 (5) моля, вещества С – 2 (3) моля, вещества R – 6 (8) молей и продукта D – 10 (20) молей.

Составить схему материальных потоков. Рассчитать начальные количества реагентов А и В.

№ 143 (144)

Процесс осуществляется по реакциям типа:

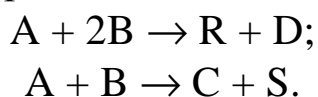


В систему подается 80 (78) молей реагента А и 50 (45) молей реагента В. Анализом в конечных продуктах обнаружено D – 5 (6) молей, S – 20 (18) молей, R – 10 (12) молей.

Определить степень превращения реагентов А и В, интегральную селективность превращения реагента А в R, D и S. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№ 145 (146)

Процесс протекает по реакциям типа:

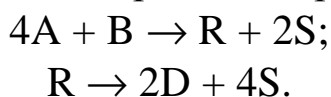


Вещество А взято в количестве 35 (66) молей, а вещество В – 50 (65) молей. Получено продукта R 20 (27) молей. Интегральная селективность превращения реагента В в R равна 0,8 (0,9).

Определить степень превращения реагентов А и В, выход продуктов R, D, S и C. Рассчитать конечные количества всех веществ. Составить схему материальных потоков.

№147 (148)

При получении продукта R протекают реакции типа:

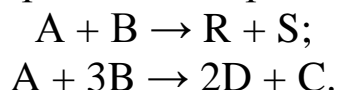


Вещество А взято в количестве 1200 (1800) молей, а вещество В поступает в избытке на 20% от стехиометрического количества. Выход продукта R составляет 0,6 (0,8), а выход продукта D – 0,25 (0,1).

Определить степень превращения реагентов А и В, интегральную селективность превращения реагента А в R и D. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№149 (150)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:



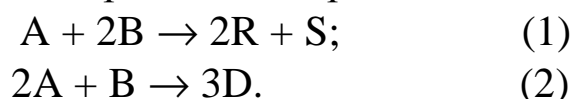
Выход продукта R составляет 0,4 (0,35), интегральная селективность превращения реагента А в R равна 0,8 (0,7).

Определить интегральную селективность превращения реагента А в D, выход продукта D, степень превращения реагентов А и В, если на вход реактора подается 20 (30) моль А и 48 (70) моль В.

Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№ 151 (152)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:

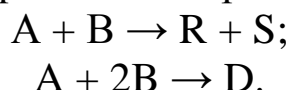


Реагент А подается в количестве 50 (100) молей. Реагент В берется в избытке 40% от стехиометрического количества по реакции (1). Выход продукта R равен 0,8 (0,7), а выход вещества D – 0,15 (0,2).

Определить степень превращения реагентов А и В, интегральную селективность превращения реагента А в R и D. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№153 (154)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:

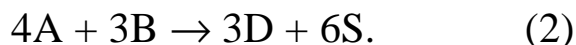
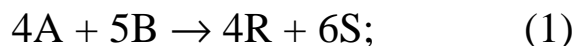


Определить выход продуктов R, S и D, степень превращения реагента В и его начальное количество, если на вход реактора подается 30 (40) моль реагента А, степень превращения А 0,8 (0,9), интегральная селективность превращения реагента А в R 0,7 (0,8). Остаточное количество реагента В в продуктах реакции 10 (20) моль.

Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№ 155 (156)

В реакторе протекают параллельные реакции типа:



Реагент А поступает в количестве 10000 (5000) молей, а реагент В берется в избытке 80% от стехиометрического количества по реакции (1). Выход продукта R составляет 0,94 (0,7), а выход вещества D – 0,04 (0,2).

Определить степень превращения реагентов А и В, интегральную селективность превращения реагента А в R и D. Составить схему материальных потоков. Рассчитать конечные количества всех веществ.

№ 157 (158)

Определить часовую производительность контактного аппарата и интенсивность работы катализатора в процессе получения триоксида серы, если в год получают 160000 (200000) т серной кислоты.

На плановый ремонт аппаратов отводится 15 дней в год. На стадии контактирования используется 2 (3) реактора с объемом катализатора в единичном реакторе 80 (75) м³.

№ 159 (160)

За 30 (35) суток непрерывной работы реактора получено 720 (800) т дивинила. Объем катализатора в реакторе 1,5 (2) м³.

Рассчитать часовую производительность реактора и интенсивность работы катализатора.

№ 161 (162)

Методом каталитической гидратации за 2 (3) часа работы аппарата получено 700 (800) т 15%-го раствора этанола. Площадь поперечного сечения аппарата 1,5 (0,8) м².

Рассчитать часовую производительность и интенсивность работы аппарата.

№ 163 (164)

При термическом крекинге этилена за 7 (8) часов перерабатывается 6000 (6500) м³ газа. Площадь поперечного сечения реактора 6 (5) м².

Рассчитать часовую производительность и интенсивность работы реактора.

№ 165 (166)

Производительность колонны синтеза метанола составляет 200000 (250000) т/год. В году колонна работает 300 (320) дней. Объем катализатора 200 (320) м³.

Рассчитать часовую производительность колонны и интенсивность работы катализатора.

№ 167 (168)

В результате гидролиза хлорбензола водяным паром получена газовая смесь с концентрацией фенола 0,4 (0,6) моль/м³. Объемный расход газовой смеси 1,5 (1,3) м³/с. Объем аппарата 7 (6) м³.

Рассчитать часовую производительность и интенсивность работы аппарата по продукту.

№ 169 (170)

Обжиговый газ, полученный сжиганием серы, содержит 6 (10) моль/м³ диоксида серы. Объемный расход реакционной смеси 30 (25) м³/мин. Объем печи 8 (10) м³. Степень превращения серы составляет 99%.

Рассчитать часовую производительность и интенсивность работы печи по сырью.

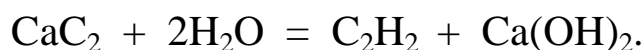
№ 171 (172)

В контактный аппарат с объемом катализатора 100 (110) м³ в течение 10 (20) часов поступает 98 (200) т диоксида серы, степень окисления его составляет 98 (99) %.

Рассчитать часовую производительность аппарата по триоксиду серы и интенсивность его работы.

№ 173 (174)

В реакторе с площадью поперечного сечения 3 (2) м² протекает реакция



За 6 (3) часов работы в аппарат поступает 3000 (2500) кг 75%-го карбида кальция. Выход ацетилена равен 98 (95) %.

Рассчитать часовую производительность аппарата по ацетилену и интенсивность его работы.

№ 175 (176)

За 3 (5) часов работы в колонну синтеза карбамида поступает 150000 (200000) м³ аммиака в пересчете на нормальные условия. Расходный коэффициент по аммиаку 2,2 (2,5) т на 1 т карбамида. Объем колонны 14 (10) м³.

Рассчитать часовую производительность колонны по карбамиду и интенсивность ее работы.

№ 177 (178)

При получении дивинила методом дегидрирования бутана протекает реакция

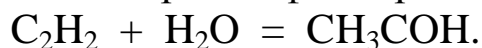


За 8 (10) часов работы в реактор поступает 30 (25) т технического бутана с содержанием 96 (98) мас.% бутана. Выход дивинила равен 40 (44) %. Объем катализатора в реакторе составляет 1,6 (2,2) м³.

Рассчитать часовую производительность реактора по целевому продукту и интенсивность работы катализатора.

№ 179 (180)

Синтез ацетальдегида в паровой фазе проходит по реакции



В аппарат поперечного сечения 3 (4) м² за пять часов работы поступает 2500 (3000) м³ ацетилена в пересчете на нормальные условия. Известно, что 0,8 (1,4) об.% ацетилена расходуется на побочные реакции, степень превращения ацетилена 45 (55) %.

Рассчитать часовую производительность аппарата по ацетальдегиду и интенсивность его работы.

№ 181 (182)

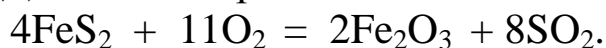
В колонну синтеза аммиака диаметром 0,15 (0,17) м и высотой 15 (20) м поступает 800000 (850000) м³ (в пересчете на нормальные условия) в сутки азотоводородной смеси.

Расходный коэффициент по азотоводородной смеси равен 2800 м³ на 1 т аммиака.

Рассчитать часовую производительность и интенсивность работы колонны синтеза по аммиаку.

№ 183 (184)

Обжиг колчедана в печи пылевидного обжига диаметром 4,5 (4) м и высотой 8 (9) м идет по реакции



За 8 (11) часов обжигается 37 (60) т колчедана. Содержание FeS₂ в колчедане 82 (84) %. Сера из колчедана выгорает на 99 (98,5) %.

Рассчитать часовую производительность и интенсивность работы печи по целевому продукту.

2. МАТЕРИАЛЬНЫЕ БАЛАНСЫ

2.1. Методика составления и расчета материальных балансов

При проектировании и реконструкции химических производств, а также отдельных аппаратов одним из этапов являются расчеты материальных балансов химико-технологических систем (ХТС) и отдельных аппаратов. Расчеты выполняются для стационарных режимов работы.

Расчет материальных балансов основан на законе сохранения массы: **масса веществ, входящих в систему, равна массе веществ, выходящих из системы .**

Для химических процессов, происходящих в системе (аппарате), учитывается изменение массы отдельных веществ за счет химических превращений. Это может быть записано как совокупность следующих независимых уравнений материального баланса:

1) по общему массовому расходу потоков вещества

$$\sum_{j=1}^n G_j = 0; \quad (2.1)$$

2) по массовому расходу отдельных компонентов потоков вещества

$$\sum_{j=1}^n G_j X_{ij} + \sum_{k=1}^m G_k = 0, \quad (2.2)$$

где G_j – массовый расход вещества j -го потока;

X_{ij} – доля i -го компонента в j -м потоке вещества;

G_k – масса i -го компонента, образовавшаяся за счет химических превращений или вступившая в реакции в k -м химическом процессе.

На основании этих уравнений легко рассчитать материальный баланс единичного аппарата, а также материальные балансы химико-технологических систем разомкнутого типа.

В разомкнутых (однонаправленных) химико-технологических системах технологические потоки вещества проходят через любой аппарат (реактор) системы только один раз. Такие системы содержат технологические связи между аппаратами: последовательные, последовательно-обводные, параллельные. Поэтому расчет материального баланса ХТС, особенно для небольших систем, может быть выполнен последовательным расчетом материальных балансов отдельных аппаратов.

Замкнутые (встречно-направленные) ХТС содержат, по крайней мере, одну обратную (противонаправленную) технологическую связь.

Для сложных замкнутых и разомкнутых ХТС расчеты материальных балансов затруднительны и выполняются после разработки математической модели с использованием вычислительной техники.

В издании приводятся задачи по составлению материальных расчетов химических процессов, протекающих в большинстве случаев в ХТС с разомкнутым циклом.

Составление материальных балансов процессов целесообразно начинать:

а) с записи уравнения химической реакции, описывающей данный процесс;

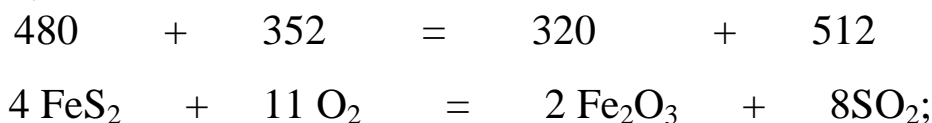
б) расчета молекулярных масс веществ, участвующих и полученных в результате реакции;

С учётом стехиометрических коэффициентов сумма молекулярных масс реагентов должна быть равна сумме молекулярных масс продуктов реакции.

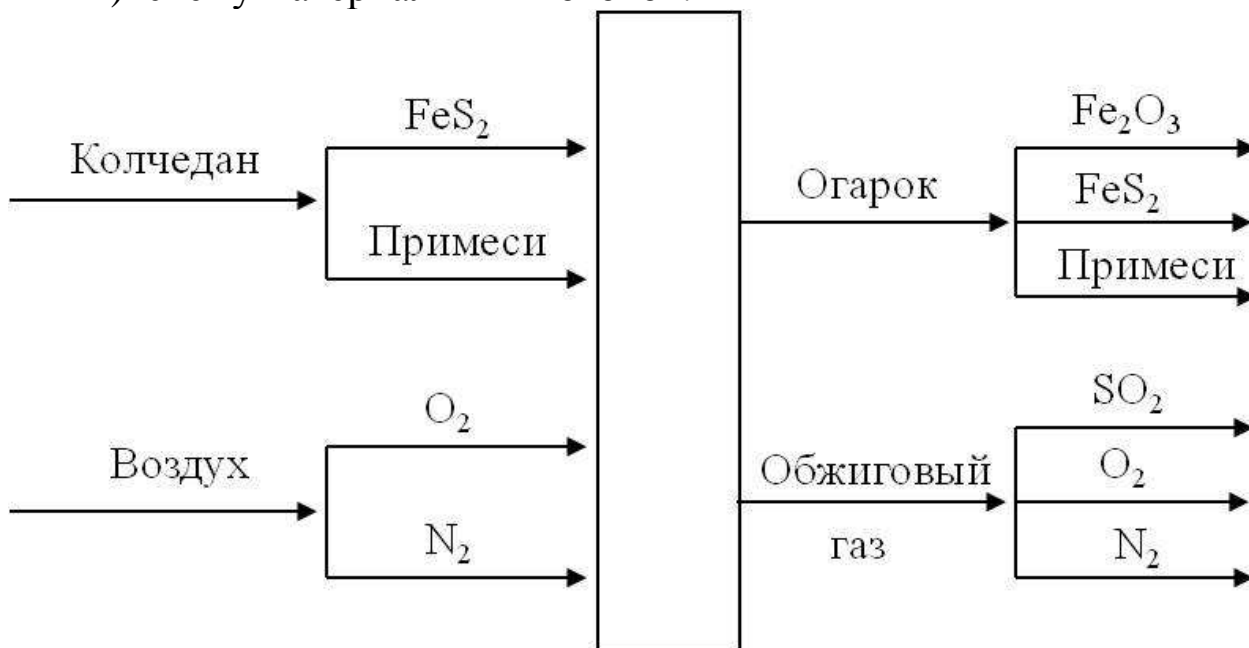
в) составления схемы материальных потоков.

Например, для процесса сжигания колчедана в кислороде воздуха при неполном выгорании серы надо записать:

1) уравнение реакции и баланс по молекулярным массам реагирующих веществ:



2) схему материальных потоков:



Расчет материального баланса включает в себя определение количества прореагировавших веществ и образовавшихся продуктов с учетом стехиометрии реакции, исходя из заданной производительности.

В расходной части материального баланса необходимо учитывать количество непрореагировавшего сырья, которое обуславливается технологическими критериями эффективности химико – технологического процесса.

Часто процессы сопровождаются потерями исходных реагентов или готового продукта, что следует учитывать при составлении схемы материальных потоков и в расчетах.

Результаты расчета сводятся в таблицу, которая имеет определенную форму. При табличном представлении материального баланса в таблице всегда имеются приходная и расходная части.

Суммарная масса веществ, содержащихся в приходной части, должна равняться сумме масс веществ расходной части.

Один из видов таблиц материального баланса приводится ниже.

Таблица материального баланса печи обжига колчедана

Приход						Расход					
№	Статьи прихода	кг	мас. %	м ³	об. %	№	Статьи расхода	кг	мас. %	м ³	об. %
1	<u>Колчедан:</u> а) FeS ₂ б) примеси					1	<u>Огарок:</u> а) Fe ₂ O ₃ б) FeS ₂ в) примеси				
2	<u>Воздух:</u> а) O ₂ б) N ₂					2	<u>Обжиговый газ:</u> а) SO ₂ б) O ₂ в) N ₂				
Итого			100		100	Итого			100		100

Объемные количества реагирующих и полученных веществ рассчитываются только в том случае, если они находятся в газообразном состоянии и выражаются в пересчёте на нормальные физические условия (н.у.) 273 К, 101325 Па (0,1МПа).

2.2. Примеры расчетов

Пример 1

Буру получают взаимодействием борной кислоты с содой при 90 °С по уравнению:



Исходное сырье: борная кислота, содержащая 1% примесей, и 20%-й раствор соды. Степень превращения борной кислоты равна 0,9. Кальцинированная сода берется в 10%-м избытке по отношению к стехиометрическому количеству.

Составить материальный баланс процесса получения 1000 кг буры. Найти расходные коэффициенты по сырью.

Решение

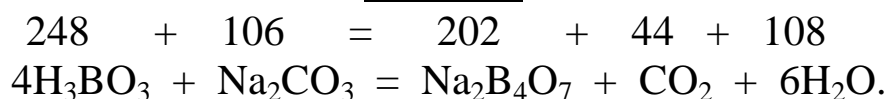
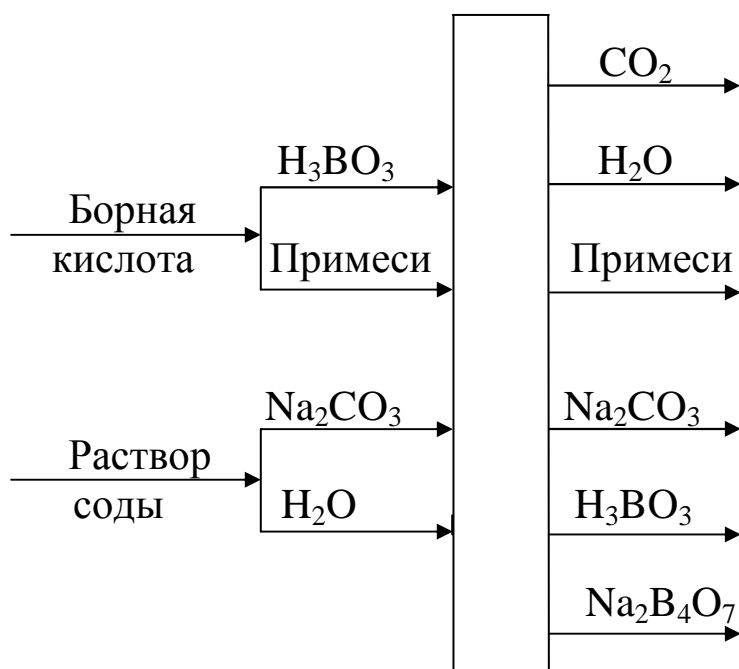


Схема материальных потоков



Исходной величиной для начала расчета является количество полученной буры, т.е. 1000 кг.

1. Определяем количество образующихся CO_2 и H_2O :

а) 44 кг CO_2 образуется вместе с 202 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
 X кг CO_2 — 1000 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

$$X_{\text{CO}_2} = \frac{44 \cdot 1000}{202} = 217,8 \text{ кг};$$

б) 108 кг H_2O образуется вместе с 202 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
 X кг H_2O — 1000 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{108 \cdot 1000}{202} = 534,6 \text{ кг}.$$

2. Определяем количество основных компонентов сырья, затраченных на получение 1000 кг буры:

а) 248 кг H_3BO_3 надо затратить на 202 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
 X кг H_3BO_3 — 1000 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

$$X_{\text{H}_3\text{BO}_3} = \frac{248 \cdot 1000}{202} = 1227,7 \text{ кг};$$

б) 106 кг Na_2CO_3 надо затратить на 202 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$
 X кг Na_2CO_3 — 1000 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

$$X_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{106 \cdot 1000}{202} = 524,7 \text{ кг}.$$

Проверяем баланс по прореагировавшим реагентам и продуктам:

$$1227,7 + 524,7 = 1000 + 217,8 + 534,6.$$

3. Рассчитываем исходное количество чистой борной кислоты, взятой для проведения процесса:

1227,7 кг H_3BO_3 составляет 90% от исходной чистой H_3BO_3

X кг H_3BO_3 составляет 100% от исходной чистой H_3BO_3

$$X_{\text{H}_3\text{BO}_3} = \frac{1227,7 \cdot 100}{90} = 1364,1 \text{ кг.}$$

Тогда количество непрореагировавшей чистой борной кислоты будет:

$$1364,1 - 1227,7 = 136,4 \text{ кг.}$$

4. Находим количество примесей в исходной борной кислоте.

Исходная борная кислота содержит 99% чистой H_3BO_3 , примеси в борной кислоте ($X_{\text{пр.}}$) составляют 1%.

$$X_{\text{пр}} = \frac{1364,1 \cdot 1}{99} = 13,8 \text{ кг.}$$

Тогда общее количество борной кислоты будет:

$$1364,1 + 13,8 = 1377,9 \text{ кг.}$$

5. Рассчитываем стехиометрическое количество соды, которое надо взять на 1364,1 кг исходной чистой борной кислоты:

106 кг Na_2CO_3 надо взять на 248 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

X кг Na_2CO_3 — 1364,1 кг $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

$$X_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{106 \cdot 1364,1}{248} = 588,9 \text{ кг.}$$

6. Рассчитываем количество соды, взятой для реакции, учитывая, что она берется с избытком 10% от стехиометрического количества:

588,9 кг Na_2CO_3 составляет 100%

X кг Na_2CO_3 — 110%

$$X_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{588,9 \cdot 110}{100} = 647,8 \text{ кг.}$$

Тогда количество непрореагировавшего Na_2CO_3 останется:

$$647,8 - 524,7 = 123,1 \text{ кг.}$$

7. Рассчитываем количество воды, вносимое с содовым раствором:

647,8 кг Na_2CO_3 составляют 20%

X кг H_2O — 80%

$$X_{H_2O} = \frac{647,8 \cdot 80}{20} = 2591,2 \text{ кг.}$$

8. Общее количество воды: $2591,2 + 534,6 = 3125,8 \text{ кг.}$
 9. Составляем таблицу материального баланса:

Таблица материального баланса

Приход				Расход			
№	Вещество	кг	мас. %	№	Вещество	кг	мас. %
1	<u>Борная кислота:</u>	<u>1377,9</u>	<u>29,8</u>	1	CO ₂	217,8	4,7
	а) Н ₃ ВО ₃	1364,1	(99,0)	2	Н ₂ О	3125,8	67,7
	б) примеси	13,8	(1,0)	3	Примеси	13,8	0,3
2	<u>2. Раствор соды:</u>	<u>3239,0</u>	<u>70,2</u>	4	Na ₂ CO ₃	123,1	2,7
	а) Na ₂ CO ₃ ,	647,8	(20,0)	5	Н ₃ ВО ₃	136,4	3,0
	б) Н ₂ О	2591,2	(80,0)	6	Na ₂ B ₄ O ₇	1000,0	21,3
	Итого	4616,9	100		Итого	4616,9	100

Проверяем баланс по массе: 4616,9 = 4616,9.

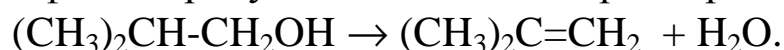
10. Рассчитываем расходные коэффициенты по сырью.

$$P.K._{H_3BO_3, мех.} = \frac{1377,9}{1000} = 1,38 \text{ кг/кг Na}_2\text{B}_4\text{O}_7,$$

$$P.K._{p-pNa_2CO_3} = \frac{3239}{1000} = 3,24 \text{ кг/кг Na}_2\text{B}_4\text{O}_7.$$

Пример 2

Чистый изобутилен получают дегидратацией изобутилового спирта в газовой фазе в присутствии катализатора по реакции



Составить материальный баланс получения 1000 кг изобутилена, если в газе, выходящем из контактного аппарата, содержится 11об.% изобутилового спирта.

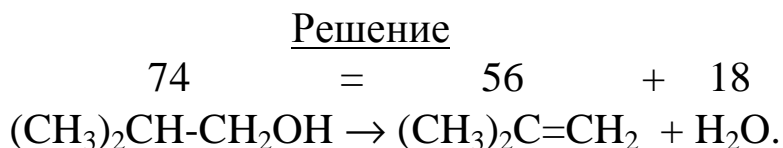


Схема материальных потоков



Расчет можно проводить с учетом данных по объемным соотношениям реагирующих веществ и продуктов. Поскольку 1 моль любого газа в смеси занимает один и тот же объем, в балансовых расчетах можно использовать как молекулярные соотношения реагирующих веществ и продуктов, так и объемные соотношения, которые численно совпадают. Связь между объемными и молекулярными соотношениями определяется законом Авогадро и, если необходимо, уравнением Менделеева-Клапейрона.

1. Если объем изобутилового спирта в продуктах составляет 11 об.%, а изобутилен и водяной пар образуются в соотношении 1:1, то объемное (мольное) содержание изобутилена и водяного пара будет равно:

$$\frac{100 - 11}{2} = 44,5\% .$$

2. Рассчитываем объем, который будут занимать 1000 кг изобутилена (условно считаем, что он находится при нормальных условиях):

1 кмоль $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}$ весит 56 кг и занимает объем $22,4 \text{ м}^3$ (при н.у.)

1000 кг занимает объем $V_{\text{из.}}$

$$V_{\text{из.}} = \frac{1000 \cdot 22,4}{56} = 400 \text{ м}^3 .$$

Тогда и объем образовавшегося водяного пара равен 400 м^3 .

3. Объем изобутилена в продуктах реакции составляет 44,5 об.%, а изобутилового спирта 11 об.%, откуда

$$V_{\text{ибс(ост)}} = \frac{400 \cdot 11}{44,5} = 98,88 \text{ м}^3.$$

4. Начальный объем изобутилового спирта на входе в реактор равен сумме объемов прореагировавшего спирта и его остатка в продуктах реакции:

$$V_{\text{ибс(вход)}} = V_{\text{ибс(прореаг)}} + V_{\text{ибс(ост)}}.$$

Согласно реакции, объем прореагировавшего спирта равен объему образовавшегося изобутилена, т.е. 400 м^3 . Учитывая это, рассчитываем начальный объём изобутилового спирта:

$$V_{\text{ибс(вход)}} = 400 + 98,88 = 498,88 \text{ м}^3.$$

5. Для составления материального баланса необходимо пересчитать объемные количества веществ в массовые. Этот пересчет проводится по закону Авогадро.

$$G_{\text{ибс(вход)}} = \frac{498,88 \cdot 74}{22,4} = 1648,1 \text{ кг};$$

$$G_{\text{ибс(ост)}} = \frac{98,88 \cdot 74}{22,4} = 326,7 \text{ кг};$$

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{400 \cdot 18}{22,4} = 321,4 \text{ кг}.$$

6. Степень превращения изобутилового спирта.

$$X_{\text{ибс}} = \frac{1648,1 - 326,7}{1648,1} = 0,80 \text{ или } 80\%.$$

7. Составляем таблицу материального баланса.

Таблица материального баланса

Приход						Расход					
№	Вещество	кг	мас. %	м ³	об. %	№	Вещество	кг	мас. %	м ³	об. %
1	Изобутиловый спирт	1648	100	499	100	1	Изобутилен	1000	60,7	400	44,5
						2	Вода	321	19,5	400	44,5
						3	Изобутиловый спирт	327	19,8	99	11,0
	Итого	1648	100	499	100		Итого	1648	100	899	100

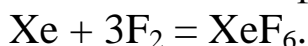
Проверяем баланс по массе 1648 = 1648.

нии, содержание метанола в газовой смеси после колонны синтеза составляет 60 (57) об. %.

Материальный баланс составить на 1000 (1800) кг метанола без учета циркуляции непрореагировавших реагентов и побочных реакций.

№ 209 (210)

Фторид ксенона получают в газовой фазе по реакции



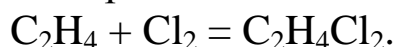
Степень превращения ксенона составляет 95 (90) %. Рассчитать материальный баланс процесса на 1000 (3000) кг 100%-го XeF_6 , если в образовавшейся газовой смеси содержание продукта равно 1,7 (2,0) об. %.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

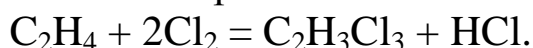
№ 211 (212)

Составить материальный баланс получения дихлорэтана для установки производительностью 1000 кг 100%-го дихлорэтана в час.

Дихлорэтан получают по реакции



Параллельно с основной протекает побочная реакция



Для проведения процесса используется технический хлор следующего состава, об. %: Cl_2 – 95; N_2 – 5 и этиленовая фракция, содержащая, об. %: C_2H_4 – 95 и C_2H_6 – 5.

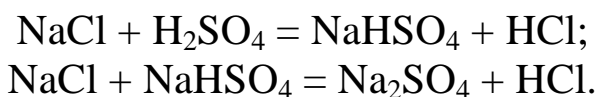
Технический хлор разбавляют воздухом в количестве 8 (10) % от его объема. Состав воздуха, об. %: O_2 – 21; N_2 – 79. Хлор реагирует полностью.

Интегральная селективность переработки этилена по основной реакции равна 0,93 (0,96). Этилен берется с 5%-м избытком от стехиометрического количества. Потери дихлорэтана составляют 4%.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 213 (214)

Получение HCl и Na_2SO_4 основано на последовательном протекании реакций



Концентрация применяемой серной кислоты равна 75 (80) %. В процессе используется 100%-й хлорид натрия.

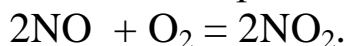
Полученный технический сульфат натрия имеет состав, мас. %: Na_2SO_4 – 91,5 (92,0); NaHSO_4 – 4,7 (4,0); NaCl – 2,0 (2,5); H_2O – 1,4 (1,2); HCl – 0,4 (0,3).

Хлористый водород вместе с водяным паром, получающимся в результате испарения воды из раствора серной кислоты, после охлаждения поступает в абсорбционную установку.

Составить материальный баланс получения 1000 (2000) кг технического сульфата натрия. Рассчитать степень превращения реагентов и расходные коэффициенты по сырью.

№ 215 (216)

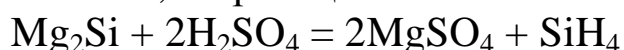
Составить материальный баланс процесса



Степень окисления NO равна 40 (60) %. Кислород берется в 10 (12) %-м избытке от стехиометрического количества. Баланс составить на 200 (500) м³ NO .

№ 217 (218)

Составить материальный баланс получения 700 м³ SiH_4 . Продукт получают из 55%-й серной кислоты и силицида магния, содержащего 90% полезного компонента, по реакции

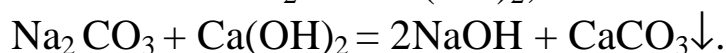
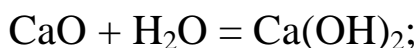


с выходом 25 (20) %.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 219 (220)

Составить материальный баланс процесса получения едкого натра известково-содовым способом, рассчитать расходные коэффициенты по сырью и степень превращения соды. В процессе протекают реакции:



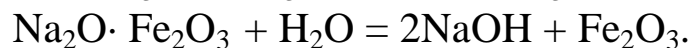
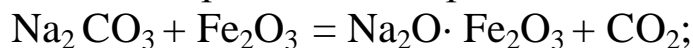
Реагирующие вещества берутся в стехиометрическом соотношении. Состав полученного содового раствора, мас. %: Na_2CO_3 – 58 (62); NaOH – 20 (18); H_2O – 22 (20).

Расчет вести на 1000 (1800) кг содового раствора.

№ 221 (222)

Составить материальный баланс процесса получения едкого натра ферритным способом и рассчитать расходный коэффициент по соде.

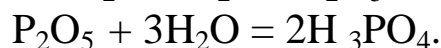
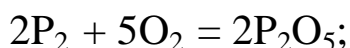
Образование щелочи протекает по реакциям:



В процессе получается 10 (8) т водного раствора, содержащего 60 (56) мас.% NaOH. В состав этого раствора переходят также примеси из технической соды и неразложившаяся сода. Степень использования соды 95 (93) %, потери гидроксида натрия 2 (1) %, содержание Na₂CO₃ в технической соде 97%.

№ 223 (224)

Составить материальный баланс получения 1000 (2300) кг 73 (75) %-й фосфорной кислоты электротермическим методом. Процесс сопровождается реакциями:

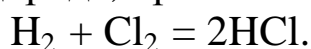


Для окисления фосфора используется воздух состава, мас. %: N₂ – 76,8; O₂ – 23,2. Коэффициент избытка воздуха равен 2,5 (2,7) от стехиометрического количества.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 225 (226)

Составить материальный баланс процесса получения 1000 (2000) кг хлористого водорода, протекающего по реакции

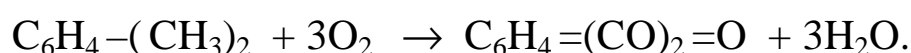


В реактор поступают хлор-газ состава, об. %: Cl₂ – 92; N₂ – 3; CO₂ – 5 и водород-газ состава, об. %: H₂ – 97; N₂ – 3. Водород берется с избытком 3 (4) % от стехиометрического количества. Хлор реагирует полностью.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 227 (228)

Составить материальный баланс производства фталевого ангидрида, получаемого окислением о-ксилола кислородом воздуха по реакции

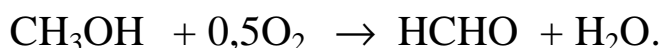


Выход продукта составляет 80 (85) %. Материальный баланс составить для реактора производительностью 10 (12) кг/ч продукта, содержащего 96 (94) % основного вещества. Состав воздуха принять, мас. %: $O_2 - 23,3$; $N_2 - 76,7$. В процессе происходит полное испарение о-ксилола и частичное испарение воды.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 229 (230)

Составить материальный баланс производства 1000 (2000) кг формалина, содержащего 37 (35) мас. % формальдегида, который образуется по реакции

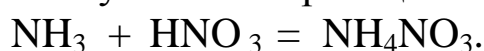


Формалин получается после абсорбции газовой фазы водой. Известно, что выход формальдегида составляет 80 (85) %. Кислород поступает из воздуха, который имеет состав, об. %: $O_2 - 21$; $N_2 - 79$.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 231 (232)

Аммиачная селитра получается по реакции

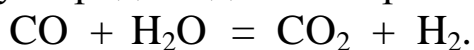


В процессе выделяется тепло, значительная часть воды испаряется. В производстве используется 100%-й аммиак и 47 (60) %-я азотная кислота, потери сырья составляют 0,8 (1,0) %.

Составить материальный баланс получения 1000 кг 98 (96) %-й селитры, рассчитать выход продукта и расходные коэффициенты по сырью.

№ 233 (234)

Конверсия окиси углерода водяным паром протекает по реакции



Составить материальный баланс на 1000 м³ образующегося водорода (в пересчете на нормальные условия). Степень конверсии составляет 90 (70) %. На конверсию поступает газ состава, об. %: $CO - 20$ (50); $H_2O - 80$ (50).

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 235 (236)

При получении дивинила методом дегидрирования бутана протекает реакция



Выход дивинила равен 44 (40) %, а содержание бутана в исходном газе 96 (98) об.%, остальное – азот.

Составить материальный баланс на 1000 кг чистого дивинила, рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 237 (238)

Составить материальный баланс обжига известняка по реакции



на 1000 кг продукта, который содержит 80 (86) мас.% CaO, 5 (4) мас.% связанного CO₂, остальное – примеси.

Рассчитать выход продукта и расходный коэффициент по сырью.

№ 239 (240)

Составить материальный баланс получения 1000 (1500) кг 95 (90) %-го карбамида. Синтез протекает по суммарной реакции

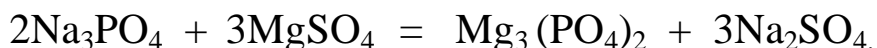


Аммиак подается в двукратном избытке от стехиометрического количества, степень превращения CO₂ составляет 65 (60) %.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 241 (242)

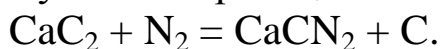
Составить материальный баланс по соли жесткости и реагенту для процесса умягчения воды фосфатным методом, который протекает по реакции



Вода содержит 12 (4) моль/м³ сульфата магния. Умягчение проводится тринатрийфосфатом Na₃PO₄ · 12H₂O, содержащим 98% кристаллогидрата. Степень умягчения воды 80 (90) %. Расход воды составляет 1000 м³/сут. Ортофосфат натрия берется в избытке 10 (5) % от стехиометрического количества.

№ 243 (244)

Цианамид кальция получают по реакции



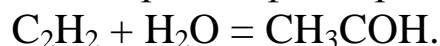
Составить материальный баланс процесса производства 1 (10) т технического цианамид, содержащего 18 (20) % связанного азота.

Расход азота составляет 342 (3600) м³ в пересчете на нормальные условия. Технический карбид содержит 60 (75) % CaC₂.

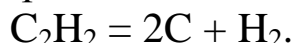
Рассчитать состав технического цианамиды и расходные коэффициенты по сырью.

№ 245 (246)

Синтез ацетальдегида в паровой фазе проходит по реакции



Параллельно протекает разложение ацетилена



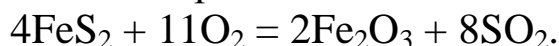
Составить материальный баланс получения 1000 (2000) кг чистого ацетальдегида.

Степень конверсии ацетилена 50 (55) %. Интегральная селективность переработки ацетилена по основной реакции составляет 0,984 (0,975). Технический ацетилен содержит 2 об.% азота. Соотношение исходных реагентов стехиометрическое.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 247 (248)

Обжиг колчедана идет по реакции



Кислород поступает из воздуха. Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,2$. Содержание серы в колчедане 46 (42) мас.%. Сера из колчедана выгорает на 99 (98) %. Состав воздуха принять, об.%: O₂ – 21; N₂ – 79.

Составить материальный баланс процесса обжига 1 т колчедана. Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 249 (250)

Составить материальный баланс контактного отделения окисления SO₂ в SO₃

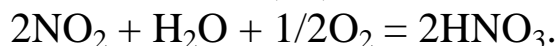


если степень превращения SO₂ в SO₃ 99 (97) %, а состав газа, поступающего в отделение, следующий, об.%: SO₂ – 8 (10); O₂ – 11 (13); N₂ – 81 (77).

Баланс составить на 1 т колчедана, расходный коэффициент по колчедану 1,34 т на 1 т SO₂. Рассчитать состав полученной газовой смеси в об.%.

№ 251 (252)

Составить материальный баланс прямого синтеза концентрированной азотной кислоты на 1 т 94 (96) %-й кислоты

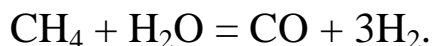


Степень превращения NO_2 в HNO_3 96 (92) %. Кислород берется в избытке на 10% от стехиометрического количества.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 253 (254)

Составить материальный баланс конверсии природного газа водяным паром. Состав природного газа для упрощения расчета принять: CH_4 – 94 (98) об.%, остальное N_2 . Расчет провести на 1000 м³ природного газа в пересчете на нормальные условия. Объемное соотношение пар : газ = 2,5 (2,2). Степень конверсии 67 (80) %, процесс идет по реакции



Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 255 (256)

Составить материальный баланс процесса получения 80 (100) м³/ч сухого ацетилена в пересчете на нормальные условия, протекающего по реакции



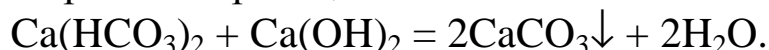
В процессе используется 75%-й карбид кальция, степень превращения карбида равна 0,95 (0,98). Вода берется в двукратном избытке от стехиометрического количества.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 257 (258)

Составить материальный баланс по соли жесткости и реагенту для процесса умягчения воды известковым методом, если карбонатная жесткость воды равна 6 (9) моль/м³. Степень умягчения воды 80 (70) %, избыток реагента 1%, производительность установки 300 (500) м³ воды/ч. При расчете принять, что карбонатная жесткость воды обусловлена содержанием $\text{Ca(HCO}_3)_2$.

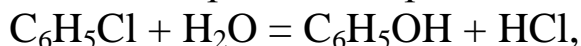
В результате протекает реакция



Рассчитать расходный коэффициент по реагенту.

№ 259 (260)

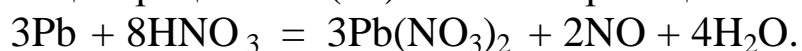
Составить материальный баланс процесса получения 100 (150) кг/ч фенола методом гидролиза хлорбензола водяным паром



если на 1 м³ хлорбензола подается 10 м³ водяного пара, содержание фенола в конечной газовой смеси составляет 1 (1,3) об.%.
Рассчитать выход продукта и расходные коэффициенты по сырью.

№ 261 (262)

Составить материальный баланс получения 10 т раствора нитрата свинца концентрацией 18 (22) мас.% по реакции



Выход продукта составляет 99 (97) %. Исходный свинец содержит 98 (99,5) % Pb, азотная кислота – 47 (60) % HNO₃. Соотношение исходных реагентов стехиометрическое. Примеси свинца остаются в твердой фазе.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 263 (264)

Очистка конвертированного газа от CO₂ осуществляется путем абсорбции водным 20 %-м (по массе) раствором моноэтаноламина по реакции

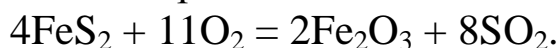


Составить материальный баланс для данного процесса, если газ имеет состав, об. %: N₂ – 20; H₂ – 60; CO₂ – 14; CO – 6.

Известно, что через абсорбер пропускается 4000 (9000) м³ газа в час, а степень абсорбции составляет 98 (96) %. Исходное соотношение моноэтаноламина и двуокиси углерода стехиометрическое.

№ 265 (266)

Обжиг колчедана идет по реакции

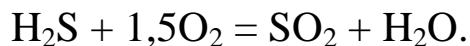


Кислород поступает из воздуха, коэффициент избытка воздуха по отношению к стехиометрическому количеству равен 1,1 (1,3). Состав поступающего воздуха принять, об. %: O₂ – 21; N₂ – 79. Содержание FeS₂ в колчедане 84 (82) %.

Составить материальный баланс получения $5000 \text{ м}^3 \text{ SO}_2$ в пересчете на нормальные физические условия. Принять, что сера из колчедана выгорает полностью. Общие потери SO_2 1,0 (1,5) об.%.
Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 267 (268)

Составить материальный баланс сжигания сероводорода.



Исходный газ содержит, об.%: $\text{H}_2\text{S} - 90$; $\text{H}_2\text{O} - 5$; $\text{N}_2 - 5$. Известно, что на 1 м^3 исходного газа подается 10 м^3 воздуха состава, об.%: $\text{O}_2 - 21$; $\text{N}_2 - 78$; $\text{H}_2\text{O} - 1$. Баланс составить на $2000 (3000) \text{ м}^3 \text{ SO}_2$ в пересчете на нормальные физические условия.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 269 (270)

Составить материальный баланс получения дивинила.

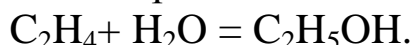


На процесс подается $1000 (1500) \text{ кг}$ этилового спирта, а его концентрация составляет $52 (95) \text{ мас.}\%$. Известно, что выход дивинила равен $30 (40) \%$, а производственные потери по сырью 2% .

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 271 (272)

Составить материальный баланс получения $1000 (1500) \text{ кг}$ технического этилового спирта, содержащего $94 (96) \%$ этанола, методом прямой гидратации этилена. Процесс идет по реакции



Степень превращения этилена составила $6 (8) \%$, мольное соотношение $\text{H}_2\text{O} : \text{C}_2\text{H}_4 = 0,6 (0,75)$.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 273 (274)

Составить материальный баланс процесса синтеза карбамида на $1000 (1500) \text{ кг}$ исходного углекислого газа.

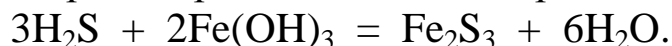


Мольное соотношение $\text{NH}_3 : \text{CO}_2 = 2,6 (3,0)$. Выход карбамида равен $62,3\%$.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 275 (276)

Составить материальный баланс процесса очистки 10000 (15000) м³ газа от сероводорода методом адсорбции болотной рудой.



Состав исходного газа, об. %: Н₂ – 50; СН₄ – 26; N₂ – 15; СО – 8; Н₂S – 1. Адсорбционная масса содержит 95% Fe(OH)₃, остальное инертные примеси. Степень очистки газа равна 100%, степень использования болотной руды принять 30 (60)%.

№ 277 (278)

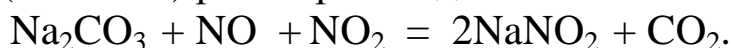
Составить материальный баланс процесса очистки 40000 (75000) м³ природного газа от сероводорода методом абсорбции, которая осуществляется 15%-м (по массе) раствором моноэтаноламина по реакции



Состав газа, поступающего на очистку, об. %: СН₄ – 98; N₂ – 1; Н₂S – 1. Степень очистки равна 75 (85) % при стехиометрическом соотношении исходных реагентов.

№ 279 (280)

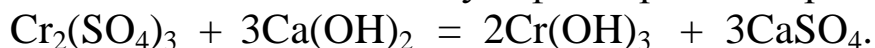
Составить материальный баланс процесса очистки 20000 (3000) м³ выхлопных газов от окислов азота. Очистка осуществляется 10 (14) %-м (по массе) раствором соды.



Состав газа, поступающего на очистку, об. %: N₂ – 91; O₂ – 6; NO – 1,5; NO₂ – 1,5. Степень очистки равна 70 (60) % при стехиометрическом соотношении исходных реагентов.

№ 281 (282)

Составить материальный баланс по примесям и реагенту для процесса очистки сточной воды от сульфата хрома по реакции

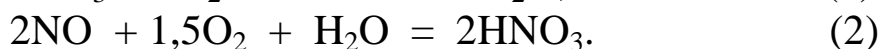
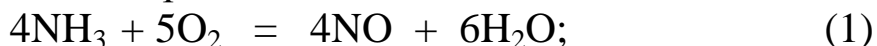


Производительность установки 600 (700) м³ воды в час. Исходная вода содержит 10 (15) мг/дм³ сульфата хрома. Степень очистки составляет 80 (90) % при 10 (20) %-м избытке реагента по сравнению со стехиометрическим количеством. В качестве реагента используется известь, содержащая 50 (70) % основного вещества, остальное примеси.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 283 (284)

Основными стадиями производства азотной кислоты являются:

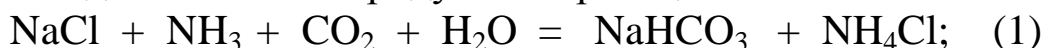


Степень окисления аммиака равна 95 (97) %, степень абсорбции окиси азота соответствует 90 (87) %.

Составить материальный баланс процесса получения 1000 кг 100%-й азотной кислоты. Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 285 (286)

Составить материальный баланс получения 95 (93) %-й кальцинированной соды на 1000 кг продукта по реакциям:

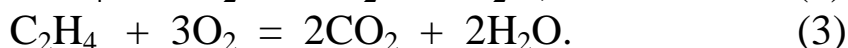
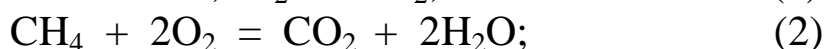
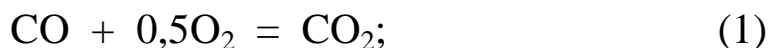


Расход раствора хлорида натрия концентрацией 270 (300) г/л и плотностью 1150 (1200) кг/м³ составляет 6 (4,8) м³.

Рассчитать выход соды по NaCl, расходные коэффициенты по CO₂ и NH₃. Расчет выполнить при стехиометрическом соотношении реагентов, учитывая, что NaHCO₃ реагирует полностью.

№ 287 (288)

Составить материальный баланс полного сжигания 100 м³ генераторного газа, которое проводится при 10 (20) %-м избытке воздуха. При этом протекают реакции:

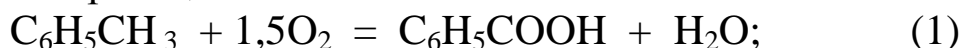


Состав воздуха принять 17 (21) об.% O₂, 83 (79) об.% N₂.

Генераторный газ имеет следующий состав, об.%: CO₂ – 12; CO – 28; H₂O – 3; CH₄ – 0,6; C₂H₄ – 0,2; N₂ – 56,2.

№ 289 (290)

Составить материальный баланс получения 1000 кг чистого фенола из толуола по реакциям:



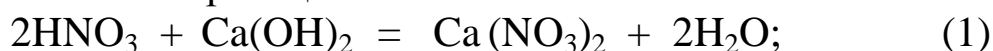
Выход продукта по реакции (1) равен 90 (95) %, по реакции (2) – 80 (90) %. На окисление подается воздух состава: 21 об.% O₂, остальное N₂. Коэффициент избытка воздуха 1,1 (1,2).

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 291 (292)

Составить материальный баланс процесса нейтрализации кислот, содержащихся в сточных водах, известковым молоком для аппарата производительностью 1000 (800) м³ воды в час.

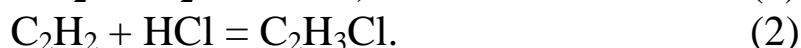
В сточной воде содержится 10 (17) мг/л азотной кислоты и 5 (8) мг/л серной кислоты. Нейтрализация осуществляется 7%-м известковым молоком по реакциям:



Степень нейтрализации воды равна 99 (98) % при коэффициенте избытка Ca(OH)₂ 1,1 (1,05).

№ 293 (294)

Составить материальный баланс получения 1000 кг чистого хлористого винила методом гидрохлорирования ацетилену по реакциям:

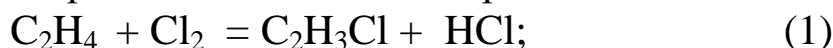


Расходные коэффициенты равны по водороду 0,16 кг/кг хлористого винила, по ацетилену – 1,1 (1,2) кг/кг хлористого винила. Хлор при проведении процесса сгорает полностью. Содержание азота в техническом хлоре составляет 1 (2) мас.%, в техническом водороде – 2,5 (1,5) мас.%.

Рассчитать выход продукта по ацетилену.

№ 295 (296)

Составить материальный баланс получения 1000 кг чистого хлористого винила комбинированным методом по реакциям:

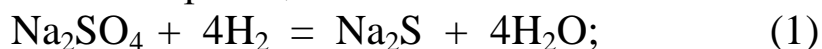


По первой реакции образуется 50% продукта. Расходные коэффициенты (кг/кг хлористого винила) по этилену, хлору и ацетилену равны, соответственно: 0,60 (0,65); 0,62 (0,60); 0,50 (0,53).

Рассчитать выход продукта по реакциям (1) и (2).

№ 297(298)

Составить материальный баланс шахтной печи производства сульфида натрия производительностью 3 (4) т/ч чистого Na_2S . В процессе протекают параллельные реакции:

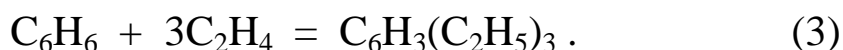
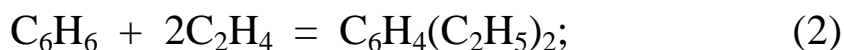
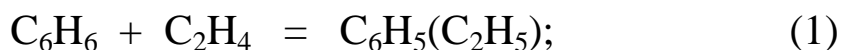


Степень превращения Na_2SO_4 составляет 90 (92) %, интегральная селективность процесса получения Na_2SO_3 составляет 4 (5) %. Содержание Na_2SO_4 в техническом сульфате натрия 96 (94)%. Состав исходного газа соответствует 97 об.% водорода и 3 об.% азота. Водород берется в четырехкратном избытке по сравнению со стехиометрическим количеством.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 299 (300)

Составить материальный баланс стадии алкилирования бензола этиленом на 1000 (1500) кг чистого этилбензола, если выход этилбензола составляет 60 (65) %. Известно также, что в результате побочных реакций на каждую тонну этилбензола образуется 50 кг диэтилбензола и 20 кг триэтилбензола.



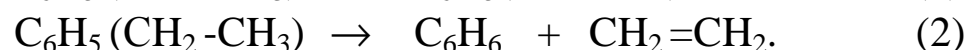
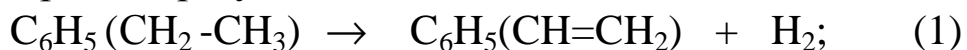
Реагенты берутся в стехиометрическом соотношении по реакции (1). Исходный бензол содержит 1(2) об.% этана, а этилен – 3(5) об.% этана.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 301 (302)

Составить материальный баланс стадии дегидрирования этилбензола на 1000 (1500) кг чистого стирола, если выход стирола составляет 80 (78) %.

Известно также, что в результате разложения этилбензола на каждую тонну стирола образуется 50 кг бензола.



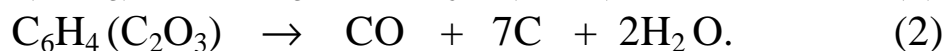
Состав исходного этилбензола, мас. %: этилбензол – 90 (92); бензол – 5 (4); диэтилбензол – 3 (2); триэтилбензол – 2 (2) мас. %.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 303 (304)

Составить материальный баланс получения фталнитрила из фталевого ангидрида и аммиака, если производительность реактора 30 (50) кг/ч фталнитрила.

Известно, что наряду с основной реакцией (1), протекает побочная реакция (2), в результате которой разлагается 4% исходного количества фталевого ангидрида.

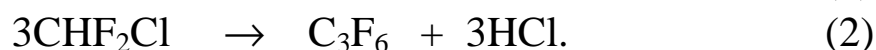
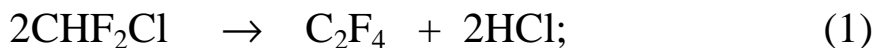


Выход продукта составляет 96 (94) %.

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№ 305 (306)

Составить материальный баланс процесса получения 1000 (800) кг тетрафторэтилена, если известно, что в продуктах реакции его содержится 11,8 об. %. Продукт получается в газовой фазе при пиролизе монохлордифторметана. Известно, что наряду с основной реакцией (1), протекает побочная реакция (2).



Интегральная селективность переработки исходного реагента по тетрафторэтилену равна 0,9 (0,8).

Рассчитать степень превращения монохлордифторметана.

№ 307 (308)

Пропилен получают путём пиролиза бутана в газовой фазе по реакции



При этом параллельно протекает побочная реакция

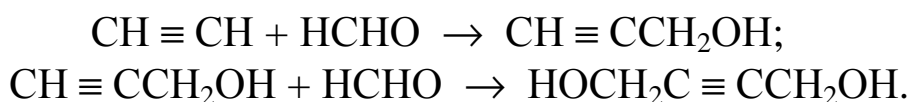


Степень превращения бутана составляет 0,8 (0,9), а интегральная селективность превращения бутана в пропилен равна 0,95 (0,92). Содержание бутана в исходном газе 98 (96) об. %, остальное азот.

Составить материальный баланс получения 1 (2) т 100%-го пропилена. Рассчитать выход пропилена и расходные коэффициенты по сырью.

№ 309 (310)

Пропаргиловый спирт получают взаимодействием ацетилена с формальдегидом. При этом часть спирта переходит в бутиндиол – 1,4 по схеме:

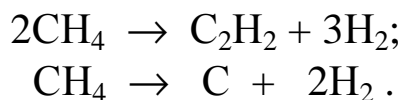


Степень превращения ацетилена составляет 0,98 (0,99), а формальдегида – 100 (99) %. Интегральная селективность превращения ацетилена в пропаргиловый спирт равна 0,70 (0,75).

Составить материальный баланс получения 1(2) т пропаргилового спирта. Рассчитать выход продукта и расходные коэффициенты по сырью.

№ 311 (312)

При получении ацетилена из метана в реакторе протекают реакции:



Составить материальный баланс получения 2800 (4200) м³ ацетилена (в пересчёте на нормальные физические условия), если степень превращения метана равна 60 (70) %, а выход ацетилена относительно полной переработки сырья равен 40 (50) %.

Рассчитать расходный коэффициент по сырью и интегральную селективность превращения метана по основной реакции.

№ 313 (314)

Производство метанола гидрированием окиси углерода идет по реакции



При этом протекают побочные реакции:



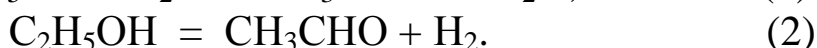
Расход исходной газовой смеси (синтез газа) составляет 3,5 (2,7) м³ (в пересчёте на нормальные физические условия) на 1кг метанола. Мольное соотношение $\text{H}_2 : \text{CO} = 2,5 : 1$. Интегральная селек-

тивность превращения CO по реакции (1) равна 0,90 (0,91), а по реакции (2) – 0,06 (0,05).

Составить материальный баланс получения 1200 (1500) кг CH₃OH. Рассчитать степень превращения CO.

№ 315 (316)

В процессе получения ацетальдегида в газовой фазе протекают реакции:



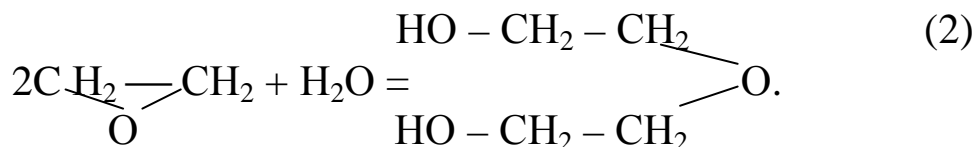
Составить материальный баланс переработки 1000 (1500) кг этанола, если кислород берётся из воздуха в 20 (25) % избытке от стехиометрического количества. Состав воздуха 21 об.% O₂, остальное – азот. Степень превращения этанола 0,95. Интегральная селективность его переработки по реакции (1) равна 90 (80) %.

№ 317 (318)

Этиленгликоль образуется в жидкой фазе по реакции



Наряду с основной реакцией протекает побочная реакция образования диэтилгликоля



Интегральная селективность превращения окиси этилена в целевой продукт равна 0,85 (0,80). В качестве исходного сырья используется 20 (25) %-й водный раствор окиси этилена.

Составить материальный баланс получения 2 (3,5) т 100%-го этиленгликоля, если потери продукта при его выделении составляют 3 (2) %.

№ 319 (320)

Хлористый этил образуется в газовой фазе по реакции



Степень превращения хлора в хлористый этил составляет 0,80 (0,90). Остаток хлора, не вступивший в основную реакцию, полностью расходуется на побочную

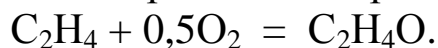


Для проведения процесса используют значительный избыток углеводородного сырья. Мольное соотношение этан : хлор на входе в реактор равно 8 : 1 (6 : 1).

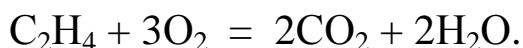
Составить материальный баланс получения 3 (4) тонн хлористого этила.

№ 321 (322)

Получение этиленоксида протекает по реакции



Одновременно протекает побочная реакция глубокого окисления этилена



Степень превращения этилена составляет 0,1 (0,12), интегральная селективность превращения этилена в этилендиоксид равна 0,85 (0,75).

Состав исходной газовой смеси, об.%: этилен – 13 (11); кислород – 7 (6); углекислый газ – 10 (10); азот – 54 (57); аргон – 16 (16).

Составить материальный баланс получения 1 (2) тонн этиленоксида, рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№323 (325)

При получении ацетилена плазмохимическим пиролизом метана протекают реакции:



Составить материальный баланс получения 2000 (3000) м³ ацетилен (в пересчёте на нормальные условия), если его объёмное содержание в продуктах реакции составляет 8 (9) %. Интегральная селективность пиролиза метана по целевой реакции 0,8.

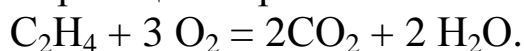
Рассчитать степень превращения метана и расходный коэффициент по сырью.

№326 (327)

Этиленоксид получают путем конверсии этилена:



Наряду с основной реакцией протекает побочная:



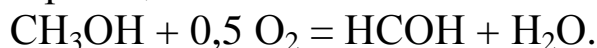
Составить материальный баланс процесса на 500 (700) кг этилена, если состав исходной смеси, об. %: этилен – 13 (15); кислород – 7 (8); диоксид углерода – 11 (10); азот – 54 (51); аргон – 15 (16).

Степень превращения этилена 0,10 (0,12), селективность целевой реакции 0,85 (0,75).

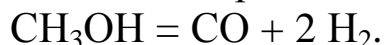
№328 (329)

Составить материальный баланс производства 1000 (2000) кг формалина следующего состава, мас. %: формальдегид – 37 (37); вода – 62 (61,5); метанол – 1 (1,5).

Процесс идет по реакции



Параллельно протекает побочная реакция

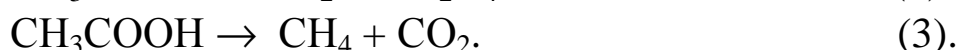
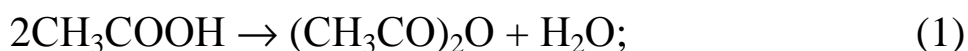


Селективность целевой реакции 0,97 (0,98). На процесс подается воздух, содержащий 21 об. % O_2 и 79 об. % N_2 . Избыток кислорода составляет 1,3 (1,4) от стехиометрического количества.

Рассчитать состав отходящего газа и расходные коэффициенты по сырью.

№330 (331)

Составить материальный баланс получения 1000 (1500) кг уксусного ангидрида $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ пиролизом уксусной кислоты. Состав исходной смеси, поступающей на пиролиз, 98 (96) мас. % уксусной кислоты, остальное примесь – вода. Степень превращения по уксусной кислоте 85 (87) %. В процессе производства протекают целевая и побочные реакции:

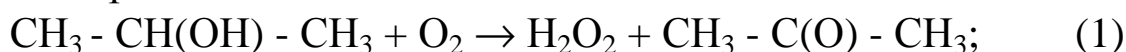


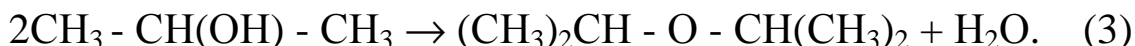
Селективность превращения кислоты, %: по реакции (1) – 92 (86); по реакции (2) – 6 (5); по реакции (3) – 2 (9).

Рассчитать расходные коэффициенты по сырью.

№332 (333)

Для получения перекиси водорода парогазовую смесь изопропанола и воздуха подают в реактор, где при 400°C и давлении 2 МПа протекают реакции:





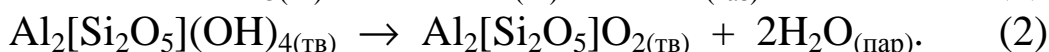
Мольное соотношение спирт/кислород на входе в реактор 5/1 (4/1). Состав воздуха, мас. %: $\text{O}_2 - 23,3$; $\text{N}_2 - 76,7$.

Состав конечной жидкой смеси, моль. %: перекись водорода – 42,9 (42,7); ацетон – 28,6 (37,4); кетон – 14,3 (5,3); вода – 2,8 (2,9); диизопропиловый эфир – 2,8 (2,9); изопропанол – 8,6 (8,8).

Составить материальный баланс получения 1000 (1500) кг/час перекиси водорода. Рассчитать степень превращения по изопропанолу, выход перекиси водорода, селективность переработки изопропанола по каждой из реакций, расходные коэффициенты по сырью.

№ 334-338

Составить материальный баланс получения G кг гидравлической извести. Известь получается обжигом мергелистого известняка, состав которого указан ниже в таблице. В процессе обжига протекают следующие реакции:



В газовую фазу переходит также гигроскопическая вода. О количестве газовой фазы судят по потерям при прокаливании (п. п. п.).

Рассчитать расходные коэффициенты по известняку, состав (мас. % по оксидам) и гидравлический модуль полученного продукта.

Гидравлический модуль определяется как

$$m = \frac{\% \text{CaO}}{\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3}.$$

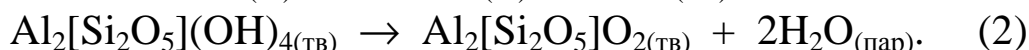
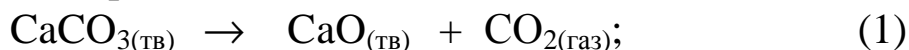
Таблица исходных данных

Номер задачи	G, кг	Состав известняка, мас. %				
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	п.п.п.
334	1000	5,00	1,83	1,00	50,10	42,07
335	2000	8,42	2,42	1,57	49,33	38,26
336	2500	8,66	2,54	1,41	48,43	39,90
337	3000	13,78	4,17	1,83	44,93	35,24
338	3500	13,11	4,30	1,85	45,65	35,09

№ 339-343

Составить материальный баланс обжиговой печи на G кг цементного клинкера, если в состав шихты входит “а” мас.% глины и “б” мас.% известняка. Численные значения величин и состав глины приведены ниже в таблице.

Известняк содержит 96 мас.% CaCO_3 , остальное – неразлагаемые примеси. При обжиге в газовую фазу переходит гигроскопическая вода и протекают реакции диссоциации:



Рассчитать состав клинкера в массовых процентах и расходные коэффициенты по сырью.

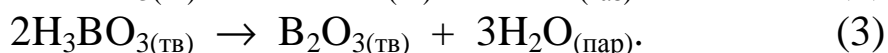
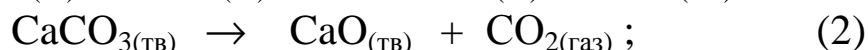
Таблица исходных данных

Номер задачи	G , кг	а, мас.%	в, мас.%	Состав глины, мас.%			
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	H_2O
339	1000	10	90	48	36	2	14
340	1500	15	85	52	32	3	13
341	2000	20	80	55	30	4	11
342	2500	25	75	60	30	1	9
343	3000	30	70	61	26	2	11

№ 344-348

Стекломасса получается при варке шихты, приготовленной смешением сырьевых материалов. Рассчитать требуемое количество сырьевых материалов и составить материальный баланс печи варки на G кг стекломассы.

Потери Na_2O при варке в результате улетучивания составляют 3,2%. Варка стекломассы сопровождается следующими реакциями разложения:



Состав сырьевых материалов и стекломассы, а также количество стекломассы приведены ниже в таблицах. В составе сырьевых материалов указано содержание окислов, влаги и суммарное содержание неразлагаемых примесей, которые переходят в состав стекломассы.

Таблица исходных данных

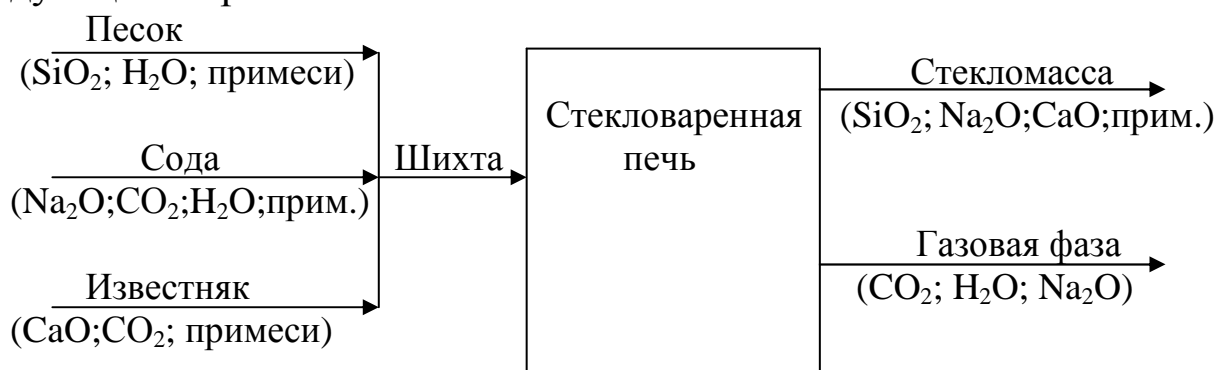
Материал	Состав сырьевых материалов, мас.%.							
	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	CO ₂	ZnO	B ₂ O ₃	H ₂ O	Примеси
Песок	98	-	-	-	-	-	1,0	1,0
Сода	-	-	56,7	40,3	-	-	1,2	1,8
Известняк	-	54,2	-	42,7	-	-	-	3,1
Оксид цинка	-	-	-	-	98,7	-	-	1,3
Борная кис-та	-	-	-	-	-	55,9	43,3	0,8

Таблица исходных данных

Номер задачи	G, кг	Состав стекломассы, мас.%.					Вид стекла
		SiO ₂	CaO	Na ₂ O	ZnO	B ₂ O ₃	
344	2000	73	10	17	-	-	Листовое
345	1000	72	-	16	12	-	Увиолевое
346	3000	65	-	10	11	14	Светотехнич.
347	4000	76	8	-	16	-	Электроармат.
348	2500	82	-	5,5	-	12,5	Пирекс

Примечание к решению задач № 344-348.

1. Источником того или иного оксида в стекломассе является один из видов сырьевых материалов. Применительно к задаче № 344 схема материальных потоков печи для варки стекла выглядит следующим образом:



2. Использование технических материалов не позволяет приготовить стекломассу заданного состава, так как неразлагаемые примеси несколько изменяют этот состав. Покажем это на примере Na₂O (задача № 344). Источником Na₂O является техническая сода. Она содержит Na₂O, связанный CO₂, гигроскопическую влагу и примеси.

При варке стекломассы сода разлагается с переходом CO_2 в газовую фазу. Оксид натрия также частично улетучивается в газовую фазу, туда же переходит влага. Основная часть Na_2O остается в стекломассе, здесь же остаются и неразлагаемые примеси.

Количество соды в приходе следует считать как $m = \frac{Ga}{\lambda(b+c)}$,

где G – количество получаемой стекломассы, кг; a – массовая доля Na_2O в стекломассе; b – массовая доля Na_2O в соде; c – массовая доля неразлагаемых примесей в соде; λ – доля Na_2O , переходящая в стекломассу с учетом испаряемости.

$$m = \frac{2000 \cdot 0,17}{(1 - 0,032)(0,567 + 0,018)} = 600,4 \text{ кг}.$$

В этом количестве соды содержится $600,4 \cdot 0,567 = 340,4$ кг Na_2O .

В стекломассу перейдет $(1 - 0,032) \cdot 340,4 = 329,5$ кг Na_2O .

Процент Na_2O в стекломассе составит $(329,5 \cdot 100) / 2000 = 16,5\%$, вместо заданного количества 17,0%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутепов, А.М. Общая химическая технология: учеб. для вузов/ А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 528с.
2. Бесков, В.С. Общая химическая технология: учеб. для вузов/ В.С. Бесков. – М: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 452с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные обозначения.....	3
Введение.....	4
1. Основные критерии оценки эффективности химического производства.....	5
1.1. Теоретическое введение.....	5
1.2. Примеры расчётов.....	9
1.3. Контрольные задачи.....	15
2. Материальные балансы.....	36
2.1. Методика составления и расчёта материальных балансов.....	36
2.2. Примеры расчётов.....	39
2.3. Контрольные задачи.....	45
Список литературы.....	67

Учебное издание

Репкин Георгий Иванович
Кунин Борис Тимофеевич
Исаева Вера Александровна

РАСЧЕТЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ БАЛАНСОВ

Сборник задач

Редактор В. Л. Родичева

Подписано в печать 27.03.2012. Формат 60x84 1/16. Бумага писчая.
Усл. печ. л. 3,83. Уч.-изд. л. 4,39. Тираж 500 экз. Заказ

Ивановский государственный
химико-технологический университет

Отпечатано на полиграфическом оборудовании
кафедры экономики и финансов ИГХТУ

153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7