СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

Общая химическая технология

Практическое занятие 6.
Составление материального баланса технологического процесса

Преподаватель:
Доктор PhD, ассистент-профессор Наурызова С.З.
saule_nauryzova@mail.ru

Материальный баланс технологического процесса составляют на основании закона сохранения массы вещества:

масса веществ, поступающих на технологическую операцию, равна массе полученных веществ.

Расчеты балансов основываются на технико-экономических показателях. Материальный баланс складывается их двух частей: левая часть уравнения – приход, правая часть уравнения – расход.

Уравнение материального баланса:

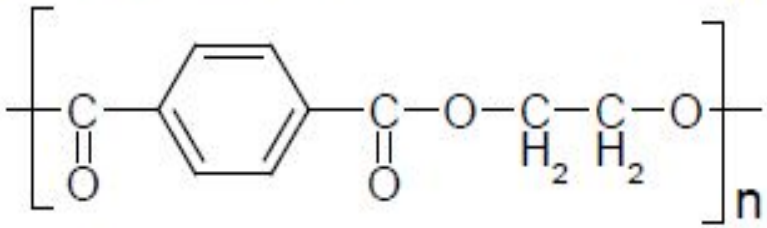
$$\Sigma m_{прих} = \Sigma m_{расх}.$$

$$\Sigma m_{прих} - \Sigma m_{расх} = 0$$

Материальный баланс обычно рассчитывается на единицу полученного продукта (кг, т, м3) или в % на основе данных производства.

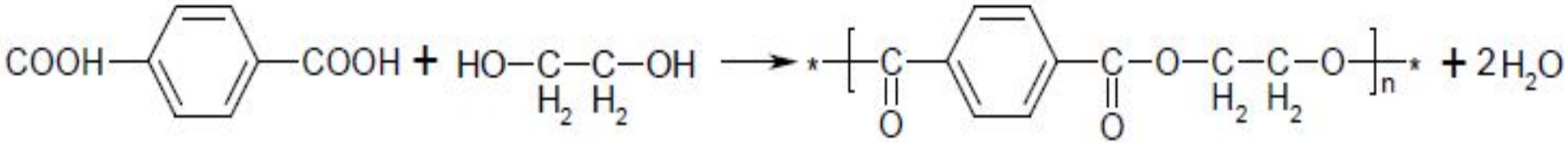
Пример 1.

Составить материальный баланс получения полиэтилентерефталата (ПТЭФ)



идущего на изготовление 1 тонны синтетического волокна.

В готовом волокне содержиться (% (масс): влаги – 0,5; замасливателя – 0,5; диоксида титана – 0,5). Потери при изготовлении волокна составляют 4,57%. Молекулярная масса терефталевой кислоты (ТФК) – 166, этиленгликоля (ЭГ) – 62, элементарного звена полимера – 192.



166 62 192 18

Пример 1.

Решение :

Для изготовления 1 т волокна потребуются абсолютно сухого ПТЭФ:

$$G_{ПЭТФ} = 1,000 - (0,005 + 0,005 + 0,005) = 0,985 \text{ т.}$$

$$\text{С учетом потерь: } G^{n}_{ПТЭФ} = \frac{0,985}{1 - \frac{4,57}{100}} = 1,03 \text{ т.}$$

$$\text{Расход 100 \%-й ТФК: } G_{ТФК} = 1,03 \cdot \frac{166}{192} = 0,89 \text{ т}$$

На 1 моль ТФК по производственным данным берется 1,5 моля ЭГ, т.е. на 1 т ТФК потребуется 100 %-го ЭГ :

$$G_{ТФК} = 1,5 \cdot \frac{62}{166} = 0,56 \text{ т.}$$

На процесс поликонденсации потребуется ЭГ всего : $G_{ЭГ} = 0,56 \cdot 0,89 = 0,5$ т,

$$\text{из них на реакцию } G^{P}_{ЭГ} = \frac{0,5}{1,5} = 0,333 \text{ т.}$$

Пример 1.

Останется непрореагировавшего ЭГ:

$$G_{ЭГ}^{B} = 0,5 - 0,333 = 0,167 \text{ т.}$$

Избыточные 0,167 т ЭГ после регенерации возвращается в процесс.
При образовании элементарных звеньев ПЭТФ выделяется 2 моля H2O, следовательно, на 1,03 т ПЭТФ образуется :

$$G_B = 1,03 \cdot 2 \cdot \frac{18}{192} = 193 \text{ т } H_2O.$$

Таким образом, все найденные значения веществ, участвующих в реакции поликонденсации, сведем в таблицу материального баланса.

Пример 1.

Материальный баланс получения ПТЭФ, т

Приход		Расход	
ТФК	0,89	ПЭТФ	1,03
ЭГ, свежий	0,333	ЭГ на регенерацию	0,167
ЭГ, возвратный	0,167	Вода	0,193
Всего	1,39	Всего	1,39

Материальный баланс в т на 1 т синтетического волокна

Приход		Расход	
Влажный ПЭТФ, в т.ч.:	1,035	Синтетическое волокно	1,0
ПТЭФ	1,03	Потери ПТЭФ	0,045
влага	0,005		
Замасливатель	0,005		
Диоксид титана	0,005		
Всего	1,045	Всего	1,045

Пример 2.

Составить материальный баланс производства этилового спирта прямой гидратацией этилена. Состав исходной парогазовой смеси (в % по объему): этилен — 60, водяной пар — 40. Степень гидратации этилена — 5%. Расчет вести на 1 т этилового спирта. Побочные реакции и давление не учитывать.

Решение:

Получение этилового спирта прямой гидратацией этилена осуществляется при температуре 560 К и давлении $80 \cdot 10^5$ Па по реакции, протекающей по уравнению:

$$2CH_2{=}CH_2 + O_2 \rightarrow 2(CH_2\text{-}CH_2)O.$$

Рассчитываем статьи прихода.

По уравнению реакции находим расход этилена на 1000 кг оксида этилена. Из 28 кг этилена образуется 44 кг (CH2-CH2)O [где 28 –молярная масса этилена, 44 – молярная масса оксида этилена], или

$$A_т = (28 \text{ кг/моль} \cdot 1000 \text{ кг}) : 44 \text{ кг/моль} = 636{,}4 \text{ кг}.$$

С учетом степени окисления 634,6 : 0,5 = 1272,8 кг

или

$$1272{,}8 \text{ кг} \cdot 22{,}4 \text{ м}^3\text{/моль} : 28 \text{ кг/моль} = 1018{,}2 \text{ м}^3.$$

Пример 2.

Объем воздуха в этилен-воздушной смеси составит:

$$V = 1018{,}2 \cdot 97\ \% : 3\ \% = 32923{,}1\ м^3,$$

в том числе кислорода

$$32923{,}1 \cdot 0{,}21 = 6913{,}9\ м^3$$

[где 0,21 – доля кислорода в воздухе]

или $(6913{,}9 : 22{,}4) \cdot 32 = 9877$ кг; азота $32923{,}1 \cdot 0{,}79 = 26009{,}2\ м^3$

[где 0,79 – доля азота в воздухе]

или $(26009{,}2 : 22{,}4) \cdot 28 = 32511{,}5$ кг.

Пример 2.

Рассчитываем статьи расхода.

Записываем в статью расхода оксид этилена, которого необходимо получить - 1000 кг.

Этилена не израсходовано половина количества, которое приходит на окисление, то есть 1272,8:2 = 636,4 кг.

Объемы оксида этилена и этилен можно рассчитать как 1018,2:2=509,1 $м^3$.
Кислорода израсходовано на окисление:

$$(1018,2 \cdot 0,5):2 = 254,6\ м^3.$$

В продуктах окисления содержится следующее количество кислорода:

$$6913,9 - 254,6 = 6659,3\ м^3 \text{ или } (6659,3 \cdot 32) : 22,4 = 9513,4 \text{ кг.}$$

Количество азота переписываем из прихода, так как он в реакции не участвует. Таким образом, для получения 1000 кг оксида этилена необходимо 1272,8 кг. этилена и 42388,5 кг воздуха.

Пример 2.

Материальный баланс на 1000 кг оксида этилена

Приход			Расход		
Статья прихода	Количество		Статья расхода	Количество	
	кг	$м^3$		кг	$м^3$
Этилен	1272,8	1018,2	Оксид этилена	1000	509,1
Воздух, в том числе			Этилен	636,4	509,1
кислород	9877	6913,9	Воздух, в том числе		
азот	32511,5	26009,2	кислород	9513,4	6659,3
			азот	32511,5	26009,2
Итого	43661,3	33941,3	Итого	43661,3	33686,7