

СӘТБАЕВ  
УНИВЕРСИТЕТИ



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](mailto: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 из двух частей: левая часть уравнения – приход, правая часть уравнения – расход.

Уравнение материального баланса:

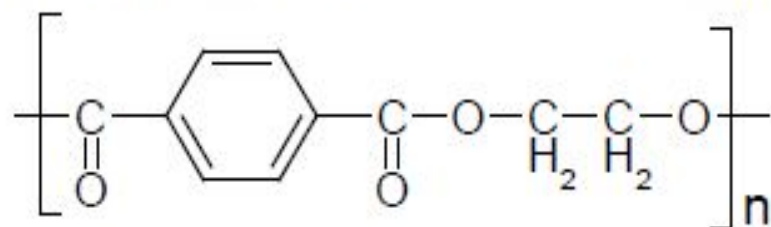
$$\Sigma m_{\text{прих}} = \Sigma m_{\text{расх}}$$

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

Материальный баланс обычно рассчитывается на единицу полученного продукта (кг, т, м<sup>3</sup>) или в % на основе данных производства.

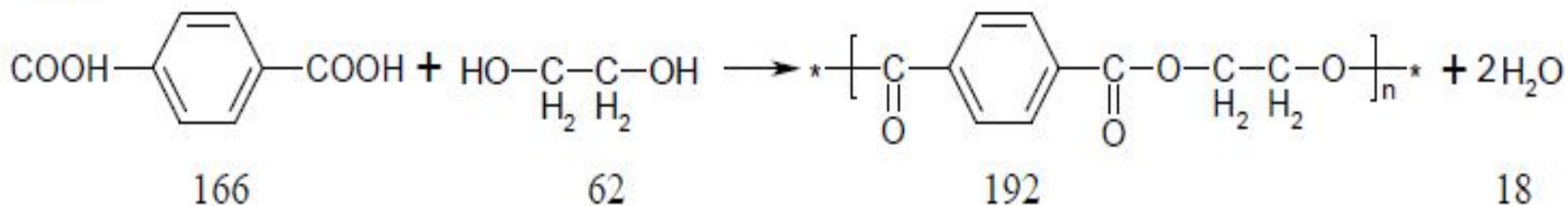
## Пример 1.

Составить материальный баланс получения полиэтилентерефталата (ПТЭФ)



идущего на изготовление 1 тонны синтетического волокна.

В готовом волокне содержится (% (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.



## Пример 1.

### Решение :

Для изготовления 1 т волокна потребуются абсолютно сухого ПТЭФ:

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

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

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 :  $G_{ЭГ} = 0,56 \cdot 0,89 = 0,5 \text{ т,}$

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

## Пример 1.

Останется непрореагировавшего ЭГ:

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

Избыточные 0,167 т ЭГ после регенерации возвращается в процесс. При образовании элементарных звеньев ПЭТФ выделяется 2 моля H<sub>2</sub>O, следовательно, на 1,03 т ПЭТФ образуется :

$$G_B = 1,03 \cdot 2 \cdot \frac{18}{192} = 193 \text{ т H}_2\text{O.}$$

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

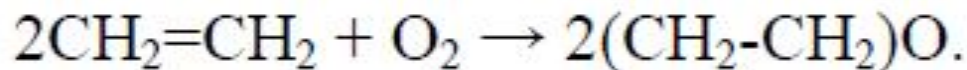
Приход		Расход	
Влажный ПЭТФ, в т.ч.:	1,035	Синтетическое волокно	1,0
ПТЭФ	1,03	Потери ПТЭФ	0,045
влага	0,005		
Замасливатель	0,005		
Диоксид титана	0,005		
Всего	1,045	Всего	1,045

## 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:



*Рассчитываем статьи прихода.*

По уравнению реакции находим расход этилена на 1000 кг оксида этилена. Из 28 кг этилена образуется 44 кг  $(\text{CH}_2-\text{CH}_2)\text{O}$  [где 28 – молярная масса этилена, 44 – молярная масса оксида этилена], или

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

С учетом степени окисления  $634,6 : 0,5 = 1272,8 \text{ кг}$

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:

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

в том числе кислорода

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

[где 0,21 – доля кислорода в воздухе]

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

[где 0,79 – доля азота в воздухе]

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



## 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<sup>3</sup>.

Кислорода израсходовано на окисление:

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

В продуктах окисления содержится следующее количество кислорода:

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

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 <sup>3</sup>		кг	м <sup>3</sup>
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