Практическое занятие №9

ТОВАРНЫЙ БАЛАНС

Общее уравнение и пример расчета

Товарный баланс - отчет обогатительной фабрики о поступлении и наличии перерабатываемого сырья, выпуске концентратов и хвостов, а также о наличии и выпуске любых других продуктов, содержащих ценные компоненты.

В этом отчете указываются и все необходимые данные для расчета показателей баланса ценных компонентов, а именно: М - массы всех учитываемых продуктов; W - влажности всех учитываемых продуктов; α - массовые доли ценных компонентов во всех учитываемых продуктах.

Масса какого-либо i-го компонента в каком-либо j-м продукте вычисляется по формуле

$K_{ij}=M_j(1 -W_j)a_{ij}$

Масса компонента K_{ij} будет выражена в тех же единицах, что и масса продукта M_j, если влажность W_j и массовая доля a_{ij} будут подставлены в долях ед.

Пример 1. В контейнере 3 т концентрата влажностью 12% и массовой долей меди 20%. Определим массу меди в контейнере

$K_{меди}$ = 3 (1 - 0,12) 0,2 = 0,528 т.

Товарный балане состоит в том, что для обогатительной фабрики за контрольный период должно выполняться равенство масс продуктов Мв=Мп масс любых компонентов Ків=Кіп, здесь Мв - масса всех выпущенных фабрикой продуктов за контрольный период и оставшихся на фабрике на конец контрольного периода. Ків - масса i-го компонента, выпущенного фабрикой во всех продуктах за контрольный период и оставшегося на фабрике на конец контрольного периода; Мп и Кіп то же, поступивших на фабрику за контрольный период и имевшихся на фабрике на начало контрольного периода.

Товарный баланс всегда составляет для какого-либо заранее оговоренного контрольного периода Т. Обычно период Т равен одному месяцу. Более подробная запись равенств:

$$\sum_j M_{jk} + \sum_l M_{l_x} + \sum_p M_{p_{\text{п}}} + \sum_m M_{m_{\text{кон}}} = \sum_g M_{g_p} + \sum_m M_{m_{\text{нач}}};$$

$$\sum_j K_{ijk} + \sum_l K_{il_x} + \sum_p K_{ip_{\text{п}}} + \sum_m K_{im_{\text{кон}}} = \sum_g K_{ig_p} + \sum_m K_{im_{\text{нач}}};$$

где $M_{jк}$, $K_{ijк}$ - масса j-й партии концентрата и масса i-го компонента в ней; M_{ix}, K_{ilx} - масса l-х хвостов и масса i-го компонента в них; $M_{рп}$, $K_{iрп}$ – масса р-х учитываемых потерь и масса i-го компонента в них; $M_{m\ кон}$, $K_{im\ кон}$ – масса продукта m-й емкости и масса i-го компонента в m-й емкости на конец контрольного периода; $M_{m\ нач}$ и $K_{im\ нач}$ – тоже, на начало контрольного периода; $M_{g\ p}$ и $K_{ig\ p}$ – масса g-й руды (перерабатываемого продукта) и масса i-го компонента в ней.

В идеальном случае, когда измерения величин M, W, а выполняются точно, когда учтены все входящие и выходящие продукты и продукты во всех емкостях, товарный баланс как баланс материальный будет выполнен, сами по себе уравнения баланса никакого значения иметь не будут, а их запись и расчет потеряют смысл.

Пример 2. В результате соответствующих измерений получены данные и заполнена табл. 1 товарного баланса за месяц.

Таблица 1 – Баланс продуктов на обогатительной фабрике

Продукт	Сухая масса *M*, т	Массовая доля α, %	Масса компонента *K*, т	Источник информации
I. Руда	432 263	1,73	7468,15	Накопление за месяц данных о поступлении руды
II. Остатки на начало периода:				
руда в бункере	18 600	1,62	301,82	Из товарного баланса
концентрат в сгустителе	400	18,7	74,8	за предыдущий месяц
концентрат на складе	180	19,0	34,2	»
Всего приход	451 443	—	7888,47	
III. Концентрат	31 821,9	18,8	5982,52	По накладным отгрузки
IV. Хвосты	400 442,3	0,277	1109,2	Накопленные данные за месяц из технологического баланса
V. Сливы сгустителей	264,180	19,0	50,19	По результатам эпизодического учета
VI. Дымовые газы	883,2	14,3	126,3	То же
VII. Остатки на конец периода:				
руда в бункере	7100	1,84	130,64	Маркшейдерский замер по акту
концентрат в сгустителе	350	—	65,1	Маркшейдерский замер по акту
концентрат на складе	200	18,9	37,8	То же
Всего расход	441 061,58		7501,75	
Невязка	По массе —10 381,42		По ценному компоненту —386,72	

Все результаты в этой таблице должны быть получены независимо друг от друга. Нельзя, например, массу твердого в хвостах находить как разность между массой поступившей руды и массой выпущенного компонента.

Руда поступает на фабрики различными путями. Она может быть взвешена и опробована до поступления на фабрику, но чаще всего эти результаты получают непосредственно на фабрике.

По результатам взвешивания определена (как накопленная сумма по емкостям, сменам либо суткам) масса руды M_p=454 535,22 т за месяц.

Рассчитана влажность по результатам анализа проб, отбираемых один раз в сутки, по формуле

$$W_p = \sum_j M_{p\,j} W_j / \sum_j M_{p\,j} = 0{,}049\ (4{,}9\%)$$

где W_j – результат анализа на долю влаги за j-е сутки; M_{pj} – поступление руды за j-е сут.

По результатам сменного опробования получено среднемесячное значение массовой доли компонента в руде:

$$\alpha = \sum_i M_{pi}(1 - W_i)\alpha_i / \sum_i M_{pi}(1 - W_i) = 0{,}0173\ (1{,}73\%),$$

где M_{pi} – масса поступающей руды за i-ю смену; W_i – влажность руды за i-ю смену, найденная опробованием для j суток, включающих i-ю смену.

Масса компонента в поступившей руде

$К_р= M_p(1-W_p)_\alpha$=454535,22(1-0,049)0,0173=7478,15 т.

Концентрат. По накладным отгрузки, число которых за месяц составило $N_к$, определяем массу концентрата

$$M_k = \sum_l^{N_k} M_{kl}(1 - W_l) = 31821{,}9\ \text{т}$$

где Мkl - масса l-й партии концентрата; Wl- влажность l-й партии.

Определяем массу ценного компонента

$$K_k = \sum_l^{N_k} M_{kl}(1 - W_l\beta_l) = 5982{,}52\ \text{т}$$

Средневзвешенное значение массовой доли ценного компонента за месяц $\beta=К_к/М_к$ =0,188.

Хвосты. Ежесменно на фабрике вычисляют показатели технологического баланса, для чего получают сменные результаты: α_i - массовая доля ценного компонента в руде в i-ю смену; β_i, θ_i то же, в концентрате и хвостах; N_i - масса переработанной руды за i-ю смену; W_i - влажность этой руды.

Находим за i-ю смену выход хвостов $\gamma_{\theta i}= (\beta_i-\alpha_i)/(\beta_i-\theta_i)$; массу хвостов $M_{\theta i}=M_i(1-W_j)\gamma_{\theta i}$ и массу ценного компонента в хвостах $К\theta i=M_{\theta i}\theta_i$.

Для товарного баланса находим месячные данные

$М_\theta = \sum M_{\theta i}$=400442,3 т; $К_\theta = \sum К_{\theta i}$=1109,29 т; $\theta = К_\theta / М_\theta$=400442,3 т;

Сливы сгустителей. Измеренный расход слива в течение месяца составил 264 180 $м^3$. Содержание твердого в сливе 1 г/л (0,001 т/$м^3$), массовая доля компонента 19,0%. Масса твердого в сливе за месяц $М_{с\ л}$=264 180*0,001=264,18 т. Масса ценного компонента $К_{с\ л} = М_{с\ л}\beta_{с\ г}$=50,19 т.

Дымовые газы. Измеренный расход газов за месяц составил $30*10^6$ $м^3$. Содержание твердого в газах 29,44 г/$м^3$. Масса твердого $М_г$=883,2 т. Масса ценного компонента $К_г$ =$М_г\beta_г$ =883,2*0,143=126,3 т.

Руда в бункере, Массу руды в бункере определяют маркшейдерским замером, определяя ее уровень и переводя его в тонны $М_{б.ва}$=7500 т.

Влажность руды в бункере принимаем равной влажности руды за последние сутки W_j=5,3%. Аналогично принимаем массовую долю компонента в бункере α_j=1 84%. Масса сухой руды $М_б$=7500(1-0,053) =7100 т. Масса компонента $К_б$ =7100*0,0184 =130,64 т.

Концентрат в сгустителе. Используют известную методику, состоящую в определение плотности и массовой доли на различных уровнях и расстояниях от центра.

По результатам опробования получены $\delta_к$ - плотность пульпы в k-й зоне и $\beta_к$- массовая доля компонента в k-й зоне. Так как объемы зон известны, то масса концентрата

$$М_{сг} = \sum_к М_{сг.к} = \sum_к (V_к\delta_к - 1)\rho_к/(\rho_к - 1) = 350\ т,$$

где $\rho_к$ - плотность концентрата.

Масса компонента

$$К_{сг} = \sum_к М_{сг.к}\beta_к = 65{,}1\ т.$$

Концентрат на складе. Определяют маркшейдерским измерениям объем, занимаемый концентратом. Визуальной оценкой устанавливают, что концентрат занимает р=30% вместимости склада. Влажность концентрата $W_к$=3% определяют по влажности последней отгруженной партии. Объем склада $V_к$=186 $м^3$, насыпная плотность концентрата 3,7 г/$см^3$. Масса концентрата на складе

$М_{ск} = V_{ск}р\rho_н$ (1 - $W_к$) = 200 т.

Массовая доля компонента в концентрате на складе принята равной массовой доле в последней отгруженной партии $\beta_{ск}$=18,9%. Масса компонента

$К_{ск}$ == $М_{ск}\beta_{ск}$ = 200-0,189 = 37,8 т.

Полученная таким путем информация (см. весь пример 2) является ценной сама по себе. Дополнительно она позволяет оценить невязку.

Невязка

В товарном балансе никогда не будет равенства левых и правых частей уравнений для масс и ценных компонентов. Разность между расходом и приходом как масс, так и ценных компонентов составит невязку.

Невязка по массе

$\Delta м = М_{расх} - М_{прих} = М_к - М_\theta - М_{сл} + М_г + М_{б.кон} + М_{сг.кон} + М_{ск.кон} - (М_р + М_{б.нач} + М_{сг.нач} + М_{ск.\ нач})$.

Невязка по ценному компоненту

$\Delta к = К_{расх} - К_{прих} = К_к + К_\theta + К_{сл} + К_г + К_{б.кон} + К_{сг.\ кон} + К_{ск.кон} - (К_р + К_{б.\ нач} + К_{сг.\ нач} + К_{ск.\ нач})$.

Причинами невязки являются: погрешности измерения всех величин, входящих в товарный баланс; неучтенные механические потери ценного компонента.

Пример 3. Невязка по массе Δм=441 061,58-451 443 т = - 10 381,42 т.

Относительная невязка по массе $Р_{\Delta м}$ = (-10381,42/451 443)100=-2,3%.

Невязка по ценному компоненту Δк=7501,75-7888,47==-386,72 т. Относительная невязка по ценному компоненту $Р_{\Delta к}$= (-386,72/7888,47)100=-4,9%.

Товарное извлечение

$\varepsilon_т = К_к / К_р + \sum_i [(К_{i\ нач} - К_{i\ кон})]\varepsilon_i$,

где $К_к$ - масса ценного компонента, отгруженного в виде компонента; $К_р$ - масса компонента, поступившая с рудой; $К_{i\ нач}$, $К_{i\ кон}$ - масса металла в технологических емкостях на начало и конец контрольного периода (месяца); ε_i - технологическое извлечение ценного компонента в продукт, находящийся в i-й емкости.

Пример 4. По данным, полученным в примерах разд. 14.3, найти товарное извлечение, если технологическое извлечение в концентрат, находящийся в сгустителе, составляет 81%, а в концентрат, находящийся на складе, 80,5%.

$$\varepsilon_т \frac{5982,52}{7478,15 + \frac{301,32 - 130,64}{1} + \frac{74,8 - 65,1}{0,81} + \frac{34,2 - 37,8}{0,805}} =$$

$$= \frac{5982,52}{7478,15 + 170,68 + 11,97 - 4,47} = \frac{5982,52}{7656,33} = 0,781$$

т.е. $\varepsilon_т$=78,1%