

УДК 622.7

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук,

О.В. ПОЛУЛЯХ, канд. техн. наук

(Україна, Днепр, ОП «Укрніиуглеобогачення» ГП «НТЦ «Углеінновація»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

Для обеспечения бесперебойной работы углеобогадательных фабрик последние должны иметь в требуемом количестве технологические материалы, к которым относятся: магнетит, флотореагенты и флокулянты.

Годовое количество технологического материала ($Q_{т.м.}$, т/год) рассчитывается по следующей формуле

$$Q_{т.м.} = Q_c \cdot q_{т.м.} \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где Q_c – годовое планируемое количество исходного продукта на сухую массу, которое будет переработано на данном технологическом процессе, т/год.;

$q_{т.м.}$ – удельный расход технологического материала, переведенного к 100% концентрации, на 1 т сухого исходного продукта, определенный на данном технологическом процессе за предыдущий период времени, г/т; 10^{-6} – коэффициент перевода единицы массы из грамм в тонны.

Расчет удельного расхода технологического материала осуществляется только на сухую массу [1, 2].

Если Q_c устанавливается в соответствии с планируемой на следующий год переработкой угля на обогатительной фабрике, то величина $q_{т.м.}$ устанавливается на основе эксплуатации данного технологического процесса за отчетный период.

Для определения $q_{т.м.}$ необходимо за отчетный период времени установить количество переработанного материала и количество использованного технологического материала.

В общем виде фактический удельный расход технологического материала ($q_{т.м.ф.}$, г/т) определяют как

$$q_{т.м.ф.} = 10^6 Q_{т.м.ф.} : Q_{с.ф.}, \quad (2)$$

где $Q_{с.ф.}$ – фактическое количество исходного материала на сухую массу, которое обрабатывается на данном технологическом процессе за отчетный период

времени, т; $Q_{т.м.ф.}$ – фактическое количество, приведенного к 100% концентрации, технологического материала израсходованного на данном технологическом процессе за отчетный период времени, т; 10^6 – коэффициент перевода единицы массы из тонны в граммы.

Если расход технологического материала за отчетный период времени, приведенный к 100% концентрации, определяется легко как

$$Q_{т.м.ф.} = 0,01 \cdot m \cdot n \cdot C_{ф.}, \quad (3)$$

где m – масса технологического материала в одном мешке (бочке, ковше), т; n – количество использованных мешков (бочек, ковшей), штук; $C_{ф.}$ – концентрация технологического материала в мешке (бочке, ковше), %, то определение $Q_{с.ф.}$ связано с определенными трудностями.

Наиболее точное определение $Q_{исх.ф.}$ осуществляется при его непосредственном измерении весовым или объемным способом. В случае невозможности определения $Q_{с.ф.}$ непосредственным измерением, его можно определять расчетным путем как сумму выходящих продуктов, т.е.

$$Q_{с.ф.} = Q_{с.ф1} + Q_{с.ф2} + \dots + Q_{с.фn}, \quad (4)$$

где $Q_{с.ф1}$, $Q_{с.ф2}$, $Q_{с.фn}$ – фактическое количество выходящих из данного технологического процесса конечных продуктов, пересчитанное на сухую массу, за отчетный период времени, т.

При применении весового метода масса материала в натурном выражении ($Q_{исх.н}$, т/ч) равна

$$Q_{исх.н} = 3,6 \cdot V_{л} \cdot q_{м}, \quad (5)$$

где $V_{л}$ – скорость транспортерной ленты, м/с; $q_{м}$ – масса материала на 1 погонном метре транспортерной ленты, кг/м, или при применении автотранспорта

$$Q_{исх.н} = M \cdot n, \quad (6)$$

где M – масса материала в натурном выражении в кузове автомобиля, т; n – количество загруженных автомобилей за 1 час.

Пересчет $Q_{исх.н}$ на сухую массу $Q_{с}$ в данном случае осуществляется по следующей формуле

$$Q_{c.ф.} = \frac{Q_{исх.н} (100 - W^r)}{100}, \text{ т/ч}, \quad (7)$$

где W^r – влажность взвешенного материала, %.

В случае применения объемного метода определяется объем пульпы, поступающей на сгущение, или объем сгущенного продукта сгустителей (P_n , м³/ч). В этих же точках определяется содержание твердого в пульпе (C_n , кг/м³). В этом случае количество твердого продукта ($Q_{c.ф.}$, т/ч) составит

$$Q_{c.ф.} = 0,001 \cdot P_n \cdot C_n, \text{ т/ч}. \quad (8)$$

При применении весового метода определяется влажная масса осадка фильтр-прессов (Q_n , т/ч) и его влажность (W_{oc}^r , %).

В этом случае количество твердого продукта на сухую массу (Q_c , т/ч) составит

$$Q_{c.ф.} = \frac{(100 - W^r) \cdot Q_n}{100 \cdot \varepsilon_{oc}}, \text{ т/ч}, \quad (9)$$

где ε_{oc} – извлечение твердого в осадок фильтр-пресса по отношению к исходному питанию сгустителя, д.ед. При содержании твердого в сливе сгустителя и фильтрате ≤ 5 кг/м³ можно принимать $\varepsilon_{oc} = 1$.

При содержании твердого в сливе сгустителей и фильтрате > 5 кг/м³ необходимо определять значение ε_{oc} используя уравнение (8) для определения количества твердого в сливе сгустителя и в фильтрате.

В общем виде извлечения ε_{oc} определяется как

$$\begin{aligned} \varepsilon_{oc} &= \frac{Q_{c.ф.ос}}{Q_{c.ф.ос} + Q_{c.ф.сл} + Q_{c.ф.ф-т}} = \\ &= \frac{(100 - W^r) \cdot Q_n / 100}{(100 - W^r) \cdot Q_n / 100 + 0,001 P_{n.сл} \cdot C_{n.сл} + 0,001 P_{n.ф-т} \cdot C_{n.ф-т}} = \\ &= \frac{(100 - W^r) \cdot Q}{(100 - W^r) \cdot Q_n + 0,1 P_{n.сл} \cdot C_{n.сл} + 0,1 P_{n.ф-т} \cdot C_{n.ф-т}}, \text{ д.ед.}, \end{aligned} \quad (10)$$

где $Q_{c.ф.ос}$, $Q_{c.ф.сл}$, $Q_{c.ф.ф-т}$ – количество твердого на сухую массу соответст-

венно в осадке фильтр-пресса, сливе сгустителя, фильтрате фильтр-пресса, т/ч;

$P_{n.сл}, P_{n.ф-т}$ – количество пульпы соответственно в сливе сгустителя и в фильтрате фильтр-пресса, м³/ч;

$C_{n.сл}, C_{n.ф-т}$ – содержание твердого соответственно в сливе сгустителя и в фильтрате фильтр-пресса, кг/м³.

Количество пульпы P определяется объемным способом, с помощью приборов типа Dinasties DU FX-1 или другим способом.

Важным показателем для определения $Q_{с.ф.}$ является содержание твердого в пульпе $C_{n.ф.}$. В зависимости от точности определения C_n существенно может изменяться количество твердого в пульпе.

Наиболее точным способом определения C_n является высушивание 1 л пульпы в сушильных шкафах. В этом случае масса сухого остатка на противне, переведенная в соответственные единицы измерения и является показателем C_n .

$$C_n = \frac{m}{V} = г / л = кг / м^3, \quad (11)$$

где m – масса сухого остатка на противне, г; V – объем высушиваемой пульпы равный 1 л.

Приведенный выше метод является слишком длительным [3].

При отсутствии такой возможности определения C_n осуществляется путем взвешивания мерного объема пульпы и перевода его полученного значения в C_n на основе следующих расчетов.

Определение расчетным путем содержания твердого в пульпе C_n и количества твердого на единицу объема воды C_v , содержащейся в пульпе осуществляется следующим образом

а) исходные данные

P – объем пульпы, м³ (принимается по мерной емкости);

M_n – масса пульпы, т (принимается как разница масс по данным взвешивания мерной емкости без пульпы и с пульпой);

δ_v – плотность воды, т/м³ (принимается как 1,0 т/м³);

δ_t – плотность угольного шлама, т/м³ (принимается путем определения по ГОСТ 2160-92;

б) определение объема твердого в пульпе V_t

Рассмотрим систему уравнений

$$P = V_t + V_v,$$

$$M_n = M_T + M_z, \quad (12)$$

где V_g – объем воды в пульпе, м³; M_T , M_z – масса соответственно твердого и воды в пульпе, т.

Решим систему уравнений (12) относительно V_T принимая во внимание, что $M_T = V_T \cdot \delta_T$ и $M_g = V_g \cdot \delta_g$

$$\begin{aligned} M_n &= V_T \cdot \delta_T + V_g \cdot \delta_g = V_T \cdot \delta_T + (P - V_T) \cdot \delta_g = V_T \cdot \delta_T + P \cdot \delta_g - V_T \cdot \delta_g = \\ &= V_T (\delta_T - \delta_g) + P \cdot \delta_g. \end{aligned} \quad (13)$$

Из уравнения (13) следует

$$V_T = \frac{M_n - P \cdot \delta_g}{\delta_T - \delta_g}, \text{ м}^3; \quad (14)$$

в) определение содержания твердого в пульпе

$$C_n = \frac{1000 \cdot M_T}{P} = \frac{1000 \cdot V_T \cdot \delta_T}{P} = \frac{1000 (M_n - P \cdot \delta_g) \cdot \delta_T}{(\delta_T - \delta_g) \cdot P}, \text{ кг/м}^3; \quad (15)$$

г) определение количества твердого на единицу объема воды, содержащейся в пульпе

$$\begin{aligned} C_g &= \frac{1000 \cdot M_T}{V_g} = \frac{1000 \cdot V_T \cdot \delta_T}{P - V_T} = \frac{1000 (M_n - P \cdot \delta_g) \cdot \delta_T}{(\delta_T - \delta_g) \cdot (P - V_T)} = \\ &= \frac{1000 (M_n - P \cdot \delta_g) \cdot \delta_T}{(\delta_T - \delta_g) \cdot \left[P - \frac{(M_n - P \cdot \delta_g)}{(\delta_T - \delta_g)} \right]} = \frac{1000 (M_n - P \cdot \delta_g) \cdot \delta_T}{(\delta_T - \delta_g) \left[\frac{P \cdot (\delta_T - \delta_g) - (M_n - P \cdot \delta_g)}{\delta_T - \delta_g} \right]} = \\ &= \frac{1000 (M_n - P \cdot \delta_g) \delta_T}{P (\delta_T - \delta_g) - (M_n - P \cdot \delta_g)} = \frac{1000 (M_n - P \cdot \delta_g) \cdot \delta_T}{P \cdot \delta_T - P \cdot \delta_g - M_n + P \cdot \delta_g} = \\ &= \frac{1000 (M_n - P \cdot \delta_g) \cdot \delta_T}{P \cdot \delta_T - M_n}, \text{ кг/м}^3; \end{aligned} \quad (16)$$

д) определение соотношения C_g / C_n

$$\frac{C_g}{C_n} = \frac{1000 \cdot (M_n - P \cdot \delta_g) \cdot \delta_T \cdot (\delta_T - \delta_g) \cdot P}{(P \cdot \delta_T - M_n) \cdot 1000 (M_n - P \cdot \delta_g) \cdot \delta_T} = \frac{(\delta_T - \delta_g) \cdot P}{P \cdot \delta_T - M_n}, \text{ раз.} \quad (17)$$

При неизвестном значении δ_T его значение рекомендуется определить по формуле [4]

$$\delta_T = 100 \left[\left(100 - 1,1A^d \right) : \delta_o + 1,1A^d : 2700 \right]^{-1}, \text{ кг/м}^3, \quad (18)$$

где δ_o – действительная плотность органической массы угля, принимаемая для марки Д – 1175 кг/м³; ДГ – 1190 кг/м³; Г, ГЖО – 1240 кг/м³; ГЖ – 1250 кг/м³; Ж – 1260 кг/м³; КЖ – 1265 кг/м³; К – 1270 кг/м³; ОС – 1280 кг/м³; Т, ТС – 1315 кг/м³; А – 1630 кг/м³; A^d – зольность материала, %; 2700 – условно принятая средняя плотность минеральных примесей в углях, кг/м³.

Пример расчета показателей пульпы

Пример расчета показателей пульпы осуществляется при следующих значениях измеренных параметров пульпы

$P = 1 \text{ м}^3$ – объем пульпы;

$M_n = 1,05 \text{ т/м}^3$ – масса пульпы;

$\delta_T = 1,5 \text{ т/м}^3$ – плотность твердого в пульпе;

$\delta_g = 1,0 \text{ т/м}^3$ – плотность воды в пульпе.

а) определение содержания твердого в пульпе C_n осуществляется по уравнению (15)

$$C_n = \frac{1000(1,05 - 1 \cdot 1,0) \cdot 1,5}{(1,5 - 1,0) \cdot 1,0} = \frac{75}{0,5} = 150 \text{ кг/м}^3;$$

б) определение количества твердого на единицу объема воды, содержащейся в пульпе, C_g осуществляется по уравнению (16)

$$C_g = \frac{1000(1,05 - 1 \cdot 1,0) \cdot 1,5}{1 \cdot 1,5 - 1,1} = \frac{75}{0,4} = 187,5 \text{ кг/м}^3.$$

в) определение соотношения C_g / C_n осуществляется по уравнению (17)

$$\frac{C_g}{C_n} = \frac{(1,5 - 1,0) \cdot 1}{1 \cdot 1,5 - 1,1} = \frac{0,5}{4} = 1,25 \text{ раза.}$$

Загальні питання технологій збагачення

Проверка значения C_v / C_n осуществляется по данным пунктов (в) и (г)

$$C_v / C_n = 187,5 / 150 = 1,25 \text{ раза, т.е. подтверждается.}$$

Из уравнений (15, 17) следует, что показатели C_n , C_v и их соотношение зависят от массы пульпы и плотности твердого в ней. При постоянстве плотности твердого на фабрике для быстроты определения C_n на основе уравнения (15) рассчитывают содержание твердого в зависимости от массы 1 л пульпы (M_n), в этом случае $P = 1$. Полученные данные заносят в таблицу. Пример такой таблицы при плотности угля 1,7 т/м³ приведен ниже.

Данную таблицу можно рассчитывать с меньшим интервалом и до большей массы 1 л пульпы.

При изменении плотности твердого в большую или меньшую сторону содержание твердого определяется по уравнению (15) или значения таблицы пересчитываются, как

$$C_\delta = \frac{C_{\delta 1.7} \cdot \delta \cdot (\delta_{1.7} - 1)}{\delta_{1.7} (\delta - 1)}, \quad (19)$$

где $C_{\delta 1.7}$ – содержание твердого по таблице для плотности твердого 1,7 т/м³, г/л;
 δ – плотность твердого, т/м³.

Определение содержания твердого в пульпе по массе 1 л пульпы
 при плотности твердого 1,7 т/м³

Масса 1 л пульпы, г	C_n , г/л								
1010	24,3	1060	145,7	1110	267,1	1160	388,6	1210	510,0
1020	48,6	1070	170,0	1120	291,4	1170	412,9	1220	534,3
1030	72,9	1080	194,3	1130	315,7	1180	437,1	1230	558,6
1040	97,1	1090	218,6	1140	340,0	1190	461,4	1240	582,9
1050	121,4	1100	242,9	1150	364,3	1200	485,7	1250	607,1

Для примера можно привести следующие данные: при увеличении плотности твердого до 2,0 т/м³ значение таблицы необходимо уменьшить в 0,823 раза, при уменьшении плотности твердого до 1,5 т/м³ – увеличить в 1,235 раза.

Выводы

1. Удельный расход технологических материалов определяется на сухую массу исходного материала, направляемого на данную технологическую операцию.
2. Содержание твердого в пульпе можно определять: взвешиванием сухого

остатка после высушивания 1 л пульпы; взвешиванием 1 л пульпы с последующим расчетом при известной плотности твердого, по таблице, предварительно рассчитанной при известной плотности твердого.

Список литературы

1. Елишевич А.Т. Работнику обогатительной фабрики: Справочное пособие / А.Т. Елишевич. – Донецк: Донбасс, 1987. – 128 с.
2. Рекомендации по обогащению угля в магнетитовой суспензии (основные параметры). – М.: ИОТТ. 1976. – 171 с.
3. Артюшин С.П. Сборник задач по обогащению углей / С.П. Артюшин. – М.: Недра, 1979. – 223 с.
4. Полулях А.Д. Практикум по расчетам качественно-количественных и водно-шламовых схем углеобогатительной фабрики: Учебн. пособие / А.Д. Полулях, П.И. Пилов, А.И. Егурнов. – Д.: Национальный горный университет, 2007. – 504 с.

© Полулях А.Д., Полулях О.В., 2018

*Надійшла до редколегії 09.09.2018 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*