

УДК 622.7

О необходимости учета шламообразования технологической схемы углеобогащительной фабрики

Обоснована необходимость учета шламообразования угля при планировании качественно-количественных показателей работы углеобогащительной фабрики. Приведена методика определения коэффициента шламообразования технологической схемы фабрики.

Ключевые слова: уголь, шламообразование, технологическая схема, коэффициент шламообразования, учет, методика определения.

Контактная информация: tehotdel.ukrnii@gmail.com

В условиях работы углеобогащительных фабрик на давальческом сырье существенно возрастает роль правильности расчета ожидаемых качественно-количественных показателей продуктов обогащения рядовых углей. На данном этапе взаиморасчетов между добывающими и обогащительными предприятиями одним из спорных является вопрос учета шламообразования угля.

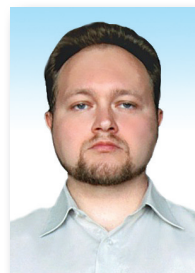
Известно, что эффективность процесса обогащения уменьшается со снижением крупности машинных классов. Так, E_{pm} для обогащения угля крупностью 13–100 мм в тяжелосредних сепараторах составляет 60 кг/м³, а при обогащении угля крупностью 0,5–1 мм в винтовых сепараторах – 200–300 кг/м³ [1, 2]. Это свидетельствует о том, что потери горючей массы при обогащении угля крупностью 0,5–1 мм в 5 раз больше, чем потери при обогащении угля крупностью 13–100 мм. Приведенная закономерность существенно влияет на выход товарной продукции. Однако, например в СОУ 10.1.00185755.002–2004 [3], шламообразование не учитывается, что приводит к завышению плановых качественно-количественных показателей товарной продукции, которые углеобогащительные фабрики фактически получить не могут.

Рассмотрим условную фабрику, обогащающую рядовые угли методами тяжелосредней сепарации и гидравлической отсадки. Для упрощения расчета примем, что во время обогащения выделяются два продукта: концентрат и отходы. При этом плотность разделения составляет 1800 кг/м³ как при обогащении крупного машинного класса (+13 мм), так и мелкого (1–13 мм). Расчет продуктов обогащения без учета шламообразования осуществляется в соответствии с СОУ [3], с учетом шламообразования – согласно Методике [4]. Шламовые продукты рассчитываются по методике, изложенной в пособии [5].

Коэффициент шламообразования для технологической схемы условной углеобогащительной фабрики принят равным 10 %. Исходные гранулометрический и фракционный составы рядовых



А. Д. ПОЛУЛЯХ,
доктор техн. наук
(ОП «УкрНИИУглеобогащение»
ГП «НТЦ «Углеинновация»)



Д. А. ПОЛУЛЯХ,
канд. техн. наук
(Национальный горный
университет)

углей ряда шахт приняты по имеющимся у авторов данным.

В табл. 1 приведены балансы продуктов обогащения при обогащении рядовых углей рассматриваемых шахт на условной обогащительной фабрике. Из табл. 2 следует, что при расчете погрешности зольности концентрата, полученная во время работы фабрики с учетом шламообразования, приведена к его зольности, полученной для случая работы фабрики без учета шламообразования, причем погрешность планирования качественно-количественных показателей (т. е. завышение выхода товарной продукции) составляет от 1 до 9 % при среднем значении 2,8 % для 29 приведенных шахт.

ОБОГАЩЕНИЕ И КАЧЕСТВО УГЛЯ

Таблица 1

Шахта	Рядовой уголь		Продукты обогащения							
			Без учета шламообразования				С учетом шламообразования			
	$\gamma'_{p,y}$	$A^{d'}_{p,y}$	Концентрат		Отходы		Концентрат		Отходы	
			γ'_k	$A^{d'}_k$	$\gamma'_{отх}$	$A^{d'}_{отх}$	γ'_k	$A^{d'}_k$	$\gamma'_{отх}$	$A^{d'}_{отх}$
«Родинская»	100,0	38,4	55,0	12,3	45,0	70,3	56,4	16,0	43,6	67,4
«Краснолиманская»	100,0	32,5	63,2	9,7	36,8	71,7	62,1	11,3	37,9	67,2
Им. Ф. Э. Дзержинского	100,0	34,7	56,0	11,4	44,0	64,4	63,2	20,8	36,8	58,6
«Северная»	100,0	35,1	62,9	19,7	37,1	61,3	62,0	20,6	38,0	58,7
«Торезская»	100,0	35,6	56,4	11,3	43,6	67,0	56,0	13,2	44,0	64,2
№ 4 «Великомостовская»	100,0	56,1	32,4	19,2	67,6	73,8	34,6	23,7	65,4	73,2
№ 6 «Великомостовская»	100,0	50,3	42,9	22,7	57,1	71,0	44,0	25,4	56,0	69,9
№ 7 «Великомостовская»	100,0	52,1	45,4	29,5	54,6	70,9	40,9	25,7	59,1	70,4
№ 8 «Великомостовская»	100,0	49,0	40,9	18,7	59,1	70,0	42,1	21,7	57,9	68,9
«Кировская»	100,0	30,7	61,4	7,7	38,6	67,4	60,7	9,4	39,3	63,7
Им. А. А. Скочинского	100,0	35,1	52,1	8,0	47,9	64,6	52,2	10,4	47,8	62,1
Им. А. Ф. Засядько	100,0	32,7	60,8	11,2	39,2	66,0	60,0	12,7	40,0	62,8
Им. К. И. Поченкова	100,0	31,8	59,9	6,8	40,1	69,1	59,3	8,8	40,7	65,3
«Чайкино»	100,0	26,6	59,4	5,3	40,6	57,7	58,7	6,9	41,3	54,5
Им. В. М. Бажанова	100,0	29,6	56,1	6,8	43,9	58,7	55,8	8,6	44,2	56,1
Им. К. Е. Ворошилова	100,0	34,3	56,1	10,7	43,9	64,4	55,9	12,5	44,1	61,9
Им. Артема	100,0	25,0	63,6	10,4	36,4	50,6	62,5	11,3	37,5	47,8
«Торецкая»	100,0	36,0	54,5	8,9	45,5	70,0	54,3	13,5	45,7	62,7
«Новодзержинская»	100,0	26,1	64,2	9,1	35,8	56,6	63,1	10,2	36,9	53,3
«Новая»	100,0	33,1	59,7	12,3	40,3	63,9	59,1	14,1	40,9	60,6
«Комсомольская»	100,0	33,1	55,8	10,1	44,2	62,1	55,4	11,9	44,6	59,4
Им. В. И. Ленина	100,0	31,4	61,9	10,9	38,1	64,7	61,0	12,7	39,0	60,6
Им. Н. А. Изотова	100,0	33,3	56,3	11,7	43,7	61,1	56,0	13,3	44,0	58,8
«Кочегарка»	100,0	31,4	59,8	11,1	40,2	61,6	59,2	12,9	40,8	58,7
Им. Ю. А. Гагарина	100,0	25,5	67,9	8,9	32,1	60,6	66,4	10,0	33,6	56,1
«Молодогвардейская»	100,0	37,7	58,4	16,6	41,6	67,3	57,8	18,0	42,2	64,7
«Ореховская»	100,0	42,3	51,5	15,5	48,5	70,8	51,5	17,6	48,5	68,5
Им. Н. П. Баракова	100,0	28,4	66,9	10,3	33,1	65,0	65,6	11,6	34,4	60,4
«Петровская»	100,0	36,8	63,6	17,3	36,4	70,9	62,5	18,5	37,5	67,3

Примечание. $\gamma'_{p,y}$ и $A^{d'}_{p,y}$ – выход и зольность рядового угля, %; γ'_k и $A^{d'}_k$ – выход и зольность концентрата, %; $\gamma'_{отх}$ и $A^{d'}_{отх}$ – выход и зольность отходов, %.

Таким образом, чтобы установить более реальные данные при расчете ожидаемых качественно-количественных показателей обогащения рядовых углей на обогатительной фабрике, необходимо учитывать шламообразование.

В практике углеобогащения установлено ориентировочное количество дополнительно образованного шлама по маркам угля, технологическим процессам и формулам [2, 6]. Однако наиболее правильным следует считать определение

коэффициента шламообразования технологической схемы фабрики по результатам опробования входящих и выходящих продуктов [7]. При этом предлагается вести расчет коэффициента шламообразования по изменению содержания в этих продуктах класса +1 мм, поскольку в сравнении с классом –1 мм он более точно определяется и в количественном и в качественном отношении.

Методика определения коэффициента шламообразования основана на уравнении мате-

ОБОГАЩЕНИЕ И КАЧЕСТВО УГЛЯ

Таблица 2

Шахта	Коэффициент приведения выхода концентрата на изменение его зольности на 1 %	Выход концентрата, %		Погрешность планирования (завышение выхода), %
		без учета шламообразования	с учетом шламообразования и приведенным к зольности концентрата без шламообразования	
«Родинская»	1,11	55,0	52,3	2,7
«Краснолиманская»	1,13	63,2	60,3	2,9
Им. Ф. Э. Дзержинского	1,72	56,0	47,0	9,0
«Северная»	1,67	62,9	60,5	2,4
«Торезская»	1,13	56,4	53,9	2,5
№ 4 «Великомостовская»	0,71	32,4	31,4	1,0
№ 6 «Великомостовская»	1,01	42,9	41,3	1,6
№ 7 «Великомостовская»	0,92	45,4	44,4	1,0
№ 8 «Великомостовская»	0,91	40,9	39,4	1,5
«Кировская»	1,14	61,4	58,8	2,6
Им. А. А. Скочинского	1,03	52,1	49,7	2,4
Им. А. Ф. Засядько	1,23	60,8	58,2	2,6
Им. К. И. Поченкова	1,07	59,9	57,2	2,7
«Чайкино»	1,26	59,4	56,7	2,7
Им. В. М. Бажанова	1,20	56,1	53,6	2,5
Им. К. Е. Ворошилова	1,15	56,1	53,8	2,3
Им. Артема	1,76	63,6	60,9	2,7
«Торецкая»	1,13	54,5	49,1	5,4
«Новодзержинская»	1,50	64,2	61,5	2,7
«Новая»	1,30	59,7	56,8	2,9
«Комсомольская»	1,19	55,8	53,3	2,5
Им. В. И. Ленина	1,30	61,9	58,7	3,2
Им. Н. А. Изотова	1,26	56,3	54,0	2,3
«Кочегарка»	1,33	59,8	56,8	3,0
Им. Ю. А. Гагарина	1,47	67,9	64,8	3,1
«Молодогвардейская»	1,27	58,4	56,0	2,4
«Ореховская»	1,03	51,5	49,3	2,2
Им. Н. П. Баракова	1,37	66,9	63,8	3,1
«Петровская»	1,32	63,6	60,9	2,7

риального баланса продуктов обогащения, в соответствии с которым количество поступившего на обогащение рядового угля равно сумме продуктов, полученных в результате его переработки. Принимая в уравнении материального баланса количество рядового угля по сухой массе за 100 %, представим его как сумму выходов рядового угля крупностью более 1 мм $\gamma_{p,y+1}$ и шлама класса крупности менее 1 мм – $\gamma_{p,y-1}$:

$$\gamma_{p,y+1} + \gamma_{p,y-1} = 100 \% \quad (1)$$

При переработке рядового угля на обогатительной фабрике происходит дополнительное

шламообразование, поэтому сумма продуктов, полученных в результате переработки,

$$\gamma_{p,y+1} + \gamma_{p,y-1} = \gamma_{p,o+1} + \gamma_{p,y-1} + \gamma_{p,o-1} \quad (2)$$

где $\gamma_{p,o+1}$ – содержание в продуктах обогащения угля классов крупности более 1 мм;

$\gamma_{p,o-1}$ – выход дополнительно образовавшегося шлама, %.

Из уравнения (2) находим уменьшение выхода класса более 1 мм в продуктах обогащения по сравнению с содержанием этого класса в рядовом угле в связи с дополнительным шламообра-

ОБОГАЩЕНИЕ И КАЧЕСТВО УГЛЯ

Таблица 3

Обогатительная фабрика	Марка угля	Зольность рядового угля, %	Процессы обогащения по четырем машинным классам	$K_{ш}$, %	Год определения $K_{ш}$
«Кураховская»	Г	23,2	ТС (+13 мм)	1,6	1974 [9]
«Кураховская»	Г	45,8	ТС+ОМ+0+0	13,3	2011
«Добропольская»	Г	32,7	ОМ+ОМ+0+0	4,1	1974 [9]
«Добропольская»	Г	45,4	ОМ+ОМ+0+Ф	12,0	2010 [10]
«Краснолиманская»	Г	32,0	ОМ+ОМ+0+0	8,1	1974 [9]
«Комендантская»	А	22,4	ТС+ОМ+КС+Ф	3,9	1974 [9]
«Свердловская»	А	39,9	ТС+ОМ+0+0	2,4	2010
«Чумаковская»	ОС	11,5	ТС+ОМ+0+Ф	12,8	1974 [9]
«Чумаковская»	Г	42,7	ТС+ОМ+ВС+Ф	8,2	2012
«Калининская»	Г	29,5	ТС+ОМ+0+Ф	8,5	1974 [9]
«Красноармейская»	Г	39,2	ОМ+ОМ+0+0	5,8	1974 [9]
«Новопавловская»	А	26,0	ОМ(+6 мм)	3,4	1974 [9]
«Горловская»	Ж	18,4	ОМ+ОМ+КС+Ф	20,9	1974 [9]
«Криворожская»	К	11,1	ОМ+ОМ+0+Ф	17,2	1974 [9]
«Брянковская»	К	19,8	ОМ+ОМ+0+Ф	19,0	1974 [9]
Запорожского КХЗ	Шихта	18,3	ОМ+ОМ+0+Ф	9,9	1974 [9]
«Судженская» (Россия)	К	-	-	12,8	1974 [9]
«Аджерская» (Россия)	ОС	-	-	4,6	1974 [9]
«Березовская» (Россия)	К	-	-	18,3	1974 [9]
«Беловская» (Россия)	Ж	-	-	6,9	1974 [9]
«Чертинская» (Россия)	Ж	-	-	11,1	1974 [9]
«Тайбанская» (Россия)	К	-	-	6,9	1974 [9]
«Зиминка» (Россия)	К	-	-	7,5	1974 [9]
«Коксовая» (Россия)	К	-	-	6,7	1974 [9]
«Абашевская» (Россия)	Ж	-	-	12,5	1974 [9]
«Томусинская» (Россия)	К	-	-	10,0	1974 [9]
«Моспинская»	Г	40,7	ТС+ОМ+0+0	9,8	2013
«Павлоградская»	Г	45,7	ТС+ОМ+0+0	8,8	2012
«Октябрьская»	Г	44,5	ТС+ОМ+0+Ф	11,3	2011 [12]
«Ровеньковская»	А	37,8	ОМ+ОМ+0+0	1,8	2009 [11]
«Червоноградская»	Г	53,9	ТС+ОМ+0+0	8,7	2009 [8]

Примечания: 1. Процессы обогащения: крупного машинного класса +13 мм; мелкого машинного класса 1–13 мм; шлама нефлотационной крупностью 0,5–1 мм; шлама флотационной крупностью 0–0,5 мм.

2. ТС – тяжелосредние сепараторы; ОМ – отсадочные машины; КС – концентрационные столы; ВС – винтовые сепараторы; ГС – гидросайзеры; Ф – флотация; 0 – нет процесса.

зованием (выход дополнительно образовавшегося шлама):

$$Y_{п.о-1} = Y_{р.у+1} - Y_{п.о+1} \quad (3)$$

При рассмотрении уравнения (3) видим, что присутствующий в рядовом угле шлам (класс крупности менее 1 мм) на выход дополнительно образовавшегося шлама влияния не оказывает.

Разделив левую и правую части уравнения (3) на выход класса крупности более 1 мм в рядовом угле $Y_{р.у+1}$

$$Y_{п.о-1} / Y_{р.у+1} = (Y_{р.у+1} - Y_{п.о+1}) / Y_{р.у+1} \quad (4)$$

и обозначив соотношение в левой части уравнения через $K_{ш}$, получим относительное уменьшение выхода класса более 1 мм в рядовом угле в

связи с дополнительным шламообразованием, которое представляет собой коэффициент шламообразования технологической схемы фабрики:

$$K_{\text{ш}} = [(Y_{p,y+1} - Y_{п.о+1}) / Y_{p,y+1}] \cdot 100 \% \quad (5)$$

Исходные данные для расчета коэффициента шламообразования можно получить при опробовании и исследовании поступающих на обогащение рядовых (товарных) углей шахт и всех конечных продуктов обогащения, а также при определении материального баланса продуктов обогащения.

Так, выполненный расчет выхода концентрата во время обогащения рядового угля шахты «Межиричанская» на ЦОФ «Червоноградская» без учета и с учетом шламообразования технологической схемы фабрики показал, что при планировании показателей обогащения завышение выхода концентрата, приведенного к зольности 25 %, составило 1,42 % [8].

Из табл. 3, в которой приведены коэффициенты шламообразования технологических схем ряда углеобогащительных фабрик, следует, что с увеличением количества технологических операций и с ростом зольности рядового угля существенно возрастает коэффициент шламообразования технологических схем. Если первая причина роста коэффициента шламообразования объясняется увеличением количества перепадов, насосов и времени обогащения, то вторая – увеличением количества породы, легче истираемой и размокаемой.

Выводы. При планировании показателей обогащения необходимо учитывать шламообразование рядового угля в технологической схеме фабрики с помощью коэффициента шламообразования, определяемого по изменению содержания класса +1 мм в рядовом угле и в продуктах обогащения.

Коэффициент шламообразования вычисляется по результатам опробования входящих и выходящих продуктов. Его значение должно быть заложено в технологическом регламенте фабрики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Техника и технология обогащения углей* / [под ред. В. А. Чантурия, А. Р. Молявко]. – М.: Наука, 1995. – 622 с.
2. *Полулях А. Д.* Технологические регламенты углеобогащительных фабрик: справ.-информ. пособие / А. Д. Полулях. – Днепропетровск: НГУ, 2002. – 855 с.
3. *Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості: СОУ 10.1.00185755.002–2004.* – Днепропетровск: УкрНДІвуглезбагачення, 2004. – 48 с.
4. *Методика расчета норм показателей качества углей и продуктов их переработки.* – Ворошиловград: УкрНИИ-углеобогащение, 1983. – 81 с.
5. *Полулях А. Д.* Практикум по расчетам качественно-количественных и водно-шламовых схем углеобогащительных фабрик: учеб. пособие / А. Д. Полулях, П. И. Пилов, А. И. Егурнов. – Днепропетровск: НГУ, 2007. – 504 с.
6. *Жуков П. П.* Определение показателей шламообразования при обогащении углей в водной среде / П. П. Жуков, З. В. Минченко, И. Я. Нестеров // *Уголь Украины.* – 1984. – № 8. – С. 34–35.
7. *Полулях А. Д.* Методика определения коэффициента шламообразования технологической схемы углеобогащительной фабрики / А. Д. Полулях, В. Г. Мамренко // *Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб.* – 2008. – № 35 (76). – С. 144–147.
8. *Полулях А. Д.* Определение коэффициента шламообразования технологической схемы ЦОФ «Червоноградская» / А. Д. Полулях, В. С. Мехальчишин, П. В. Чигринцев [и др.] // *Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб.* – 2009. – № 36 (77)–37 (78). – С. 161–165.
9. *Фоменко Т. Г.* Водно-шламовое хозяйство углеобогащительных фабрик / Т. Г. Фоменко, В. С. Бутовецкий, Е. М. Погарцева. – М.: Недра, 1974. – 270 с.
10. *Полулях А. Д.* Определение коэффициента шламообразования технологической схемы ЦОФ «Добропольская» / А. Д. Полулях, Д. А. Полулях, В. М. Бояренко, С. А. Радченко // *Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб.* – 2010. – № 43 (84). – С. 117–121.
11. *Нищеряков А. Д.* Определение коэффициента шламообразования технологической схемы ГОФ «Ровеньковская» / А. Д. Нищеряков, О. И. Бойко, А. М. Берлин [и др.] // *Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб.* – 2010. – № 40 (81). – С. 148–154.
12. *Полулях А. Д.* Определение коэффициента шламообразования технологической схемы ЦОФ «Октябрьская» / А. Д. Полулях, А. О. Пономаренко, Д. А. Полулях [и др.] // *Збагачення корисних копалин: наук.-техн. зб.* – 2011. – № 46 (87). – С. 101–106.