

В.А. Козлов

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЕКТНЫХ ПОТЕРЬ
ТОВАРНОГО УГЛЯ С ОТХОДАМИ ОБОГАЩЕНИЯ**

Приведена новая методика расчета проектных потерь товарного угля с отходами при обогащении. Выявлены ограничения стандартного метода определения потерь угля.

Ключевые слова: фракционный состав угля, кривые обогатимости, зольность, плотность разделения, теоретический баланс, практический баланс, товарный уголь.

Традиционно под потерями угля при обогащении понимают ту часть балансовых запасов угля, которая в процессе обогащения попадает в отходы. В этом случае отходы рассматриваются как механическая смесь породы и угля с зольностью, равной зольности рядового угля, поступающего на обогатительную фабрику.

В целом по фабрике проектный норматив потерь определяется по формуле, приведенной, например, в работе [1]:

$$П_6 = \gamma_o \cdot (A_p - A_o) / (A_p - A_{p.y.}) \%, \quad (1)$$

где γ_o – выход отходов в практическом балансе продуктов обогатительной фабрики (ОФ), %; A_p — зольность породы, определяется по фракционному составу рядового угля, и равна зольности фракции плотностью $> 1800 \text{ кг/м}^3$, %; A_o — зольность отходов по практическому балансу продуктов ОФ, %; $A_{p.y.}$ — зольность рядового угля, поступающего на обогащение, %.

Для вновь проектируемых обогатительных фабрик требуется в проекте приводить расчеты нормативов потерь. Анализ состава проектных потерь показывает, что потери угля, в первую очередь, определяются техническим заданием на качество товарной продукции и, во вторую очередь, зависят от принятой технологической схемы фабрики. Количество потерь, связанных с технологической схемой, имеют две составляющие: прямые потери, определяемые принятой глубиной обогащения схемы ОФ, и опосредствованные, связанные с погрешностью разделения угля в применяемых обогатительных аппаратах.



Рис. 1. Состав проектных потерь

Прямые потери характерны для технологических схем, обогащающим уголь не до «нуля», например, до 0,15 или 0,04 мм. Это характерно для схем обогащения углей, используемых для энергетических целей. В этом случае шлам класса 0x0,15(0,04) мм присоединяется к отходам без обогащения и, тем самым, увеличивает количество потерь угля с отходами.

В свою очередь глубина обогащения будет зависеть от наличия технической возможности и экономической целесообразности переработки всего рядового угля и извлечения из него горючей массы.

Выбор технологической схемы вновь проектируемой ОФ и, соответственно, расчет глубины обогащения производится по условию получения максимальной прибыли предприятием. Таким образом, целесообразность принятия прямых потерь, связанных с глубиной обогащения, определяются прибыльностью проекта. Прибыль от переработки шлама и реализации концентрата в схеме с обогащением до «нуля», с применением дорогостоящего процесса флотации угля, будет зависеть от затрат на строительство флотационного отделения, строительство сушильного отделения, и вытекающих отсюда эксплуатационных затрат, в том числе на флотореагенты, на обезвоживание и сушку флотоконцентрата. Обычно, для схем обогащения коксующихся углей, благодаря высокой цене на концентраты, применяют схемы с обогащением до «нуля», т.е. с включением в схему ОФ процесса флотации.

Косвенные потери, определяются вероятностным характером разделения продуктов в обогатительном аппарате, что предполагает засорение продуктов посторонними фракциями. Эти потери рассчитываются с учетом среднего вероятного отклонения $E_{тр}$ узких фракций от плотности разделения в обогатительных аппаратах с тяжелой средой и для обогатительных аппаратов с водной средой с учетом погрешности разделения I .

Наряду со структурой технологической схемы и применяемого обогатительного оборудования, качественные характеристики рядового угля также влияют на величину нормативных потерь. Например, от обогатимости угля, характеризуемой величиной показателя обогатимости, зависят косвенные потери, связанные с погрешностью разделения в обогатительных аппаратах. В направлении от углей легкой обогатимости к углям трудной обогатимости увеличиваются потери угля при обогащении. Так, при трудной обогатимости угля, наблюдается высокое содержание продуктовых частиц с низкой контрастностью физико-химических свойств. Поэтому будет наблюдаться значительное засорение продуктов посторонними фракциями и потери товарного угля с отходами.

От структурной прочности угля зависит количество образующегося шлама в процессе обогащения и, соответственно, величина прямых потерь в схемах с обогащением не до «нуля».

На рис. 1 приведен состав проектных потерь угля при обогащении.

Анализ формулы (1) показывает, что:

- в ней присутствует некоторый элемент условности по определению зольности породы A_n ;
- формулой определяются потери рядового угля, что спорно, так как с экономической точки зрения, надо определять потери товарного угля с отходами.

Под понятием «товарного угля» понимаем уголь, получаемый в процессе обогащения — концентрат и промпродукт заданного качества, который реализуется на рынке.

В настоящей статье предлагается производить расчет проектных потерь по следующей методике:

1. По общему фракционному составу рядового угля строятся кривые обогатимости.

Таблица 1

Общий фракционный состав исходного угля класса 0х300 мм

Плотность фракций Кг/м ³	Среднее значение плотности	Выход γ , %	Зольность A^d , %	Суммарные данные			
				всплывшие фракции		потонувшие фракции	
				γ , %	A^d , %	γ , %	A^d , %
1250—1300	1275	26,53	7,31	26,53	7,31	100,0	34,30
1300—1400	1350	23,04	16,28	49,57	11,48	73,47	44,05
1400—1500	1450	10,53	26,71	60,10	14,15	50,43	56,74
1500—1600	1550	6,33	34,45	66,43	16,08	39,90	64,66
1600—1800	1700	5,65	46,38	72,08	18,46	33,57	70,36
1800—2000	1900	5,27	60,13	77,35	21,30	27,92	75,21
2000—2400	2200	12,72	72,30	90,07	28,50	22,65	78,72
2400—2800	2600	9,93	86,95	100,0	34,30	9,93	86,95
Итого:		100,0	34,30				

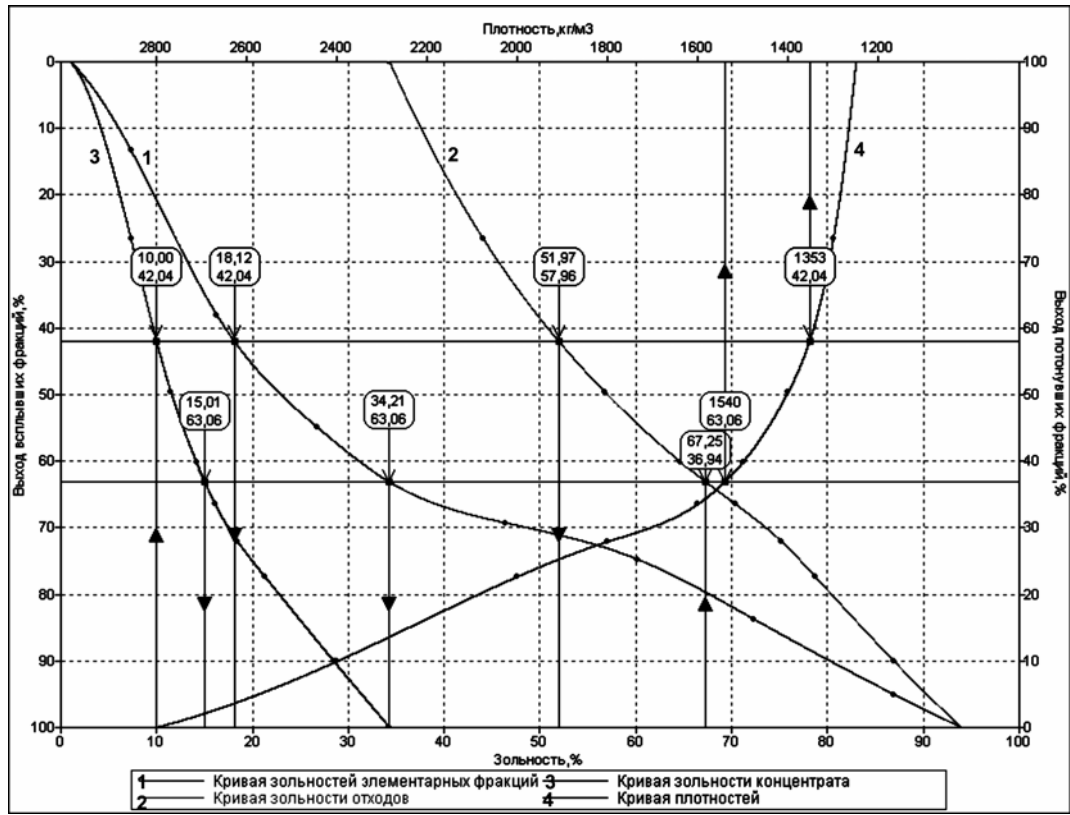


Рис. 2. Кривые обогатимости угля

2. В соответствии с требованиями технического задания на проектирование ОФ к зольности концентрата и промпродукта по кривым обогатимости определяем теоретический баланс продуктов обогащения. Необходимо отметить, что зольность отходов в теоретическом балансе будет предельной, фактически не достижимой зольностью отходов в практическом балансе продуктов.

3. Вычисляем качественно-количественные показатели по процессам обогащения с учетом погрешности разделения в обогатительных аппаратах согласно выбранному варианту технологической схемы и сводим их в практический баланс продуктов.

4. По разнице выходов продуктов обогащения в теоретическом и практическом балансах определяем величину проектных потерь товарного угля с отходами.

Рассмотрим порядок расчета проектных потерь товарного угля по предлагаемой методике на следующем примере.

Пример

В Техническом задании на проектирование ОФ требуется получить зольность концентрата не более 10 % и зольность промпродукта не более 25 %. Технологическая схема с глубиной обогащения до 0,15 мм.

По данным табл. 1 фракционного анализа угля построены кривые обогатимости, показанные на рис. 2.

По кривым обогатимости определены для заданных значений зольности концентрата 10 % и промпродукта 25 % их выхода и составлен теоретический баланс продуктов (табл. 2).

Таблица 2

Наименование продукта	Выход, %	Зольность, %	Плотность разделения, кг/м ³
Концентрат	42,04	10,0	1350
Промпродукт	21,02	25,0	1540
Отходы	36,94	67,25	
Итого:	100,0	34,30	

Таблица 3

**Практический баланс продуктов обогащения ОФ
производительностью 423 т/ч по сухому**

Продукты	Выход, %	Зольн., %	Нагр.сух., т/ч	Масса воды, т/ч	Нагр. факт., т/ч	Влага поверх., %
Концен- трат	36,98	9,60	156,42	13,54	169,96	7,96
Промпро- дукт	19,46	24,62	82,30	5,72	88,02	6,50
Отходы	43,56	59,60	184,29	44,24	228,52	19,36
Всего	100,0	34,30	423,0	63,50	486,50	

Таким образом, построением кривых обогатимости и составлением теоретического баланса продуктов в соответствии с Техническим заданием, мы можем определить теоретическую максимальную зольность породы, которую возможно достичь в процессе обогащения — 67,25 %.

В принципе, в формуле (1) это значение и надо использовать в качестве зольности породы $A_{т}$.

Далее вычисляем «теоретическую зольность товарного угля», которая вычисляется из теоретического баланса и является общей зольностью концентрата и промпродукта.

$A_{т.у} = (42,04 \cdot 10,0 + 21,02 \cdot 25,0) / 63,06 = 15,0$ % при теоретическом выходе товарного угля — 63,06 %.

Далее необходимо воспользоваться расчетом практического для выбранного варианта технологической схемы обогатительной фабрики, который выполнен с учетом погрешностей разделения продуктов в применяемых обогатительных аппаратах. Расчет практического баланса выполнен для схемы ОФ с глубиной обогащения до 0,15 мм для рядового угля, рассматриваемого выше фракционного состава (табл. 3).

По практическому балансу выход товарного угля (концентрат + промпродукт) составляет 56,44 % общей зольностью 14,78 %.

Тогда потери товарного угля составят

$$П_{т.у} = 63,06 - 56,44 = 6,62 \%$$

$$\text{зольностью: } (63,06 \cdot 15,0 - 56,44 \cdot 14,78) / 6,62 = 16,88 \%$$

Вычислим потери рядового угля по формуле (1):

$$P_6 = \gamma_0 \cdot (A_n - A_o) / (A_n - A_{p.y.}) = 43,56 \cdot (75,21 - 59,60) / (75,21 - 34,30) = 16,62 \%$$

В этом выражении использованы данные из таблицы фракционного состава и практического баланса продуктов обогащения.

Теперь вычислим потери рядового угля с учетом требований Технического задания к зольности продуктов обогащения. Для этого в формуле (1) заменим зольность породы $A_n = 75,21$ % на значение зольности породы (отходов) из теоретического баланса $A_{п.тз} = 67,25$ %.

В этом случае потери рядового угля с отходами при учете требований ТЗ будут

$$P_{6,тз} = 43,56 \cdot (67,25 - 59,60) / (67,25 - 34,30) = 10,11 \%$$

Таким образом, фактически потери рядового угля в отходах с учетом требований ТЗ будут 10,11 %, что существенно ниже значения 16,62 %, получаемого при стандартном подходе к данному вопросу.

При этом потери товарной продукции составят 6,62 %.

Заключение

Традиционный расчет потерь рядового угля по формуле (1) не позволяет оценить потери «товарной продукции» и не учитывает влияние требований Технического задания на проектирование к качеству продукции.

Описанная выше методика, основывающаяся на разнице выходов продукции по теоретическому и практическому балансам, позволяет вычислить проектные потери «товарной продукции» с отходами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипенко Л.А. Определение, учет и контроль потерь угля при обогащении. Уголь, 2010. №1. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Козлов Вадим Анатольевич — кандидат технических наук, доцент, главный технолог Коралайна Инжиниринг — SETCO, vak@setko.ru.

