

УДК 622.7:658.512; 622.73

**В.А. Козлов**

## **МЕТОДИКА ПО РАСЧЕТУ ПРОДУКТОВ ДРОБЛЕНИЯ КРУПНЫХ КЛАССОВ УГЛЯ**

*Приведена методика расчета продуктов при дроблении крупных классов угля на основе данных по ситовому и фракционному анализу пластовых проб угля. Рассмотрен пример практического расчета продуктов при дроблении угля. Методика позволяет рассчитать раскрытие промежуточных фракций крупных классов угля при дроблении. Полученные результаты расчетов позволяют произвести выбор наилучшей схемы обогащения угля.*

*Ключевые слова: классы крупности, фракционный состав угля, дробление угля, легкие фракции, промежуточные фракции, порода, шлам.*

---

**В** процессе разработки технологических схем при проектировании углеобогащительных фабрик приходится рассматривать вопрос о возможности раскрытия зерен угля промежуточной плотности и степени подготовительного дробления угля. Степень дробления будет определять раскрытие сростков чистого угольного вещества и породы (промежуточных фракций угля) и тем самым, способствовать получению при обогащении дополнительного выхода концентрата и, соответственно, дополнительной прибыли от его реализации. Исследователям-технологам каждый раз приходится решать задачу об определении степени раскрытия промежуточных фракций при дроблении, основываясь только на данных ситового и фракционного состава угля.

Нами разработана методика расчета выхода фракций угля и их зольности при дроблении по заданной границе крупности исходного угля. Методика разработана на основе данных, полученных совместно со специалистами ОФ «Кардинал» (Западная Вирджиния, США) на основе экспериментов, выполненных при ис-

следовании влияния степени дробления крупного промпродукта класса 9,5 x150 мм на выход легких фракций угля.

Алгоритм методики расчета продуктов дробления по исходным данным ситового и фракционного анализов угля предполагает следующий порядок действий:

1. Задается граничное зерно классификации и дробления исходного угля, поступающего на обогащение -  $D_{гр}$  мм.

2. Порода плотностью более  $2000 \text{ кг/м}^3$  в верхнем классе + $D_{гр}$  мм, рассматривается как материал не содержащий частиц угля и при дроблении вся первоначальная порода остается во фракциях более  $2000 \text{ кг/м}^3$  в дробленном продукте крупностью  $0xD_{гр}$  мм. При дальнейших расчетах раскрытия промежуточных фракций исключаем из массы крупного класса породу плотностью более  $2000 \text{ кг/м}^3$ , считая ее в основном привнесенным материалом в процессе добычи угля. Исключенную породу мы присоединим к массе дробленого продукта позже на конечной стадии расчетов.

3. В дробленом продукте класса  $0 \times D_{гр}$  мм соотношение содержания классов  $1 \times D_{гр}$  и  $0 \times 1$  мм соответствует соотношению их содержания в исходной пластовой пробе угля, не подвергшейся дополнительному измельчению при транспортировке и перемалке угля. Определяем количество вновь образованного шлама класса  $0 \times 1$  мм при дроблении беспородной массы угля, которое соответствует содержанию шлама класса  $0 \times 1$  мм в исходном угле, и исключаем это количество из массы класса  $0 \times D_{гр}$  мм. Зольность вновь образованного шлама принимаем равной зольности оставшейся беспородной массы крупного угля  $+ D_{гр}$  мм.

4. Принимаем, что относительный выход промежуточных фракций  $1400-1800 \text{ кг/м}^3$  и их зольность в дробленом продукте класса  $1 \times D_{гр}$  мм будет соответствовать их содержанию и зольности в этом классе в исходном угле. При расчете содержания промежуточных фракций не учитываем долю первоначальной породы, содержащейся в крупном классе, так как мы ее исключили на первом шаге расчетов.

5. Принимаем, что зольность отходов в дробленом продукте класса  $1 \times D_{гр}$  мм соответствует зольности отходов в этом классе в исходном угле.

6. Отношение выхода легких фракций плотностью  $<1400 \text{ кг/м}^3$  к выходу промежуточных фракций после дробления беспородной массы крупного угля соответствует этому отношению в классе  $1 \times D_{гр}$  мм в исходном угле. По соотношению легких и промежуточных фракций вычисляем выход легких фракций и по балансу определяем выход раскрытой при дроблении породы.

7. По балансу фракций вычисляем зольность легких фракций в дробленом продукте класса  $1 \times D_{гр}$  мм.

8. Вычисляем шламообразование от породы. Для этого необходимо по результатам исследований исходного угля учесть данные по прочности угля и породы. Коэффициент отношения прочности породы к прочности угля будет характеризовать выход породного шлама по сравнению с выходом шлама от угля при дроблении (п.3). Из исходного количества породы (п.2) вычитаем выход породного шлама  $0 \times 1$  мм. Оставшееся количество дробленной исходной породы класса  $1 \times D_{гр}$  мм добавляем к вновь раскрытой при дроблении породе из промежуточных фракций.

9. Результаты расчетов сводим в итоговую таблицу.

*Пример расчета раскрытия промежуточных фракций.*

Рассмотрим в качестве примера расчет дробленого продукта для угля Эльгинского каменноугольного месторождения (Якутия).

В табл. 1, 2 приведены гранулометрический и фракционный составы шихты коксующегося угля марки «Ж» на общие запасы на весь срок эксплуатации разреза с 2013 г. Данные для расчета гранулометрического и фракционного состава взяты из отчета [1].

Таблица 1

**Гранулометрический состав шихты коксующегося угля**

Классы, мм	Шихта	
	Вых.,%	Зольн.%
<b>8x100</b>	54,24	38,84
<b>1x8</b>	30,59	21,89
<b>0x1</b>	15,17	19,36
<b>Итого:</b>	<b>100,0</b>	<b>30,70</b>

1. Проектная технологическая схема предполагает мокрую классификацию угля класса  $0 \times 100$  мм по  $D_{гр} = 8$  мм, дробление крупного класса  $8 \times 100$  мм до  $- 8$  мм, обесшламливание

Таблица 2  
Фракционный состав шихты коксующегося угля

Плотность фракций, кг/м <sup>3</sup>	Класс 8х100 мм		Всплывшие фракции		Класс 1х8 мм		Всплывшие фракции	
	Выход, %	Зольн., %	Сумм. вы-ход, %	Сумм. зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Сумм. вы-ход, %	Сумм. зольн., %
менее 1300	14,04	8,40	14,04	8,40	45,78	7,45	45,78	7,45
1300-1400	24,12	15,06	38,16	12,61	27,90	15,96	73,68	10,67
1400-1500	14,83	23,60	52,99	15,68	7,99	25,52	81,66	12,12
1500-1600	6,10	33,10	59,09	17,48	2,91	34,95	84,57	12,91
1600-1800	5,37	44,51	64,46	19,73	2,42	45,80	86,99	13,82
1800-2000	4,52	61,25	68,98	22,45	1,69	58,46	88,68	14,67
более 2000	31,02	75,28	100,0	38,84	11,32	78,40	100,0	21,89
Итого:	100,0	38,84			100,0	21,89		

Таблица 3

Распределение фракций в классе 8х100 мм в % от исходного угля

	Легкие фракции <1400 кг/м <sup>3</sup>		Пром. фракции 1400-2000 кг/м <sup>3</sup>		Порода >2000 кг/м <sup>3</sup>		Итого:	
	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %
Относительно ис-ходного	20,70	12,61	16,72	34,64	16,82	75,28	54,24	38,84
Относительно класса	38,16	12,61	30,82	34,64	31,02	75,28	100,0	38,84

Таблица 4

Распределение фракций в классе 1х8 мм в % от исходного угля

	Легкие фракции <1400 кг/м <sup>3</sup>		Пром. фракции 1400-2000 кг/м <sup>3</sup>		Порода >2000 кг/м <sup>3</sup>		Итого:	
	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %
Относительно ис-ходного	22,54	10,67	4,59	34,36	3,46	78,40	30,59	21,89
Относительно класса	73,68	10,67	15,0	34,36	11,32	78,40	100,0	21,89

Таблица 5

Легкие фракции <1400 кг/м <sup>3</sup>		Пром. фракции 1400-2000 кг/м <sup>3</sup>		Порода >2000 кг/м <sup>3</sup>		Итого:	
Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %
20,70	12,61	16,72	34,64	-	-	37,42	22,45

Таблица 6

Легкие фракции <1400 кг/м <sup>3</sup>		Пром. фракции 1400-2000 кг/м <sup>3</sup>		Порода >2000 кг/м <sup>3</sup>		Итого:	
Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %
13,84	12,61	11,18	34,64	-	-	25,02	22,45

класса 0x8 мм по зерну 1 мм. Необходимо рассчитать характеристики дробленого продукта класса 1x8 мм (табл. 3).

При рассмотрении данных табл. 3, 4 видно, что выход легких фракций плотностью <1400 кг/м<sup>3</sup> в классе 1x8 мм почти в два раза превышает выход легких фракций в классе 8x100 мм. Зольность легких фракций в классе 1x8 мм на 2% ниже, чем в классе 8x100 мм.

Выход промежуточных фракций в классе 1x8 мм в два раза ниже, чем в классе 8x100 мм при фактически одинаковой зольности в указанных классах.

2. Исключаем породу из крупного класса угля.

Тогда беспородные фракции в классе 8x100 мм в % от исходного угля представлены в табл. 5.

3. В исходном угле содержание шлама 0x1 мм в классе 0x8 мм составляет 33,15% отн. Тогда выход шлама после дробления составит 12,40% абс. зольностью 22,45%. Исключаем шлам пропорционально выходу фракций (табл. 6).

4. Относительный выход промежуточных фракций после дробления беспородной массы принимаем  $(4,59/30,59) \times 100 = 15,0$  % той же зольностью, что и в классе 1x8 мм - 34,36%.

Выход промежуточных фракций после дробления составит:  $25,02 \times 0,15 = 3,75$  % абс., зольностью 34,36 %.

5. Зольность отходов после дробления промежуточных фракций крупного класса соответствует зольности класса 1x8 мм исходного угля. В нашем случае зольность отходов принимаем 78,4%.

6. Отношение выхода легких фракций плотностью <1400 кг/м<sup>3</sup> к выходу промежуточных фракций после дробления беспородной массы угля крупностью 8x100 мм соответствует этому отношению в нижнем классе 1x8 мм исходного угля.

Таким образом, отношение легких фракций к промежуточным составит:  $22,54/4,59=4,9$ . Тогда выход легких фракций после дробления беспородной массы угля будет:  $3,75 \times 4,9 = 18,38$  %. Вычисляем выход породы, раскрытой после дробления:  $25,02 - 18,38 - 3,75 = 2,89$  %.

7. Из уравнения баланса вычисляем зольность легких фракций после дробления - 11,23%.

8. В нашем примере порода в 4,5 раза прочнее угля, учитывая выход угольного шлама (п.2), выход породного шлама составит:  $33,13 : 4,5 = 7,37$  % отн. Таким образом, после дробления породы породного шлама будет:  $16,82 \times 7,37/100 = 1,24$  % абс.,

Таблица 7

	Легкие фракции <1400 кг/м <sup>3</sup>		Пром. фракции 1400-2000 кг/м <sup>3</sup>		Порода >2000 кг/м <sup>3</sup>		Итого:	
	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %	Выход, %	Зольн., %
Исходный 8x100 мм до дробления	20,70	12,61	16,72	34,64	16,82	75,28	54,24	38,84
Исходный 8x100 мм до дробления без породы	20,70	12,61	16,7 2	34,64	-	-	37,42	22,45
После дробле- ния без шлама 0-1 мм	18,38	11,23	3,75	34,36	2,89	78,40	25,02	22,45
Тоже относи- тельно класса	73,46	11,23	15,0	34,36	11,54	78,40	100,0	22,45
Относительное распределение дробленных пром. фракций	40,61	7,02	33,55	34,36	25,84	78,4	100,0	34,64
Дробленный продукт кл. 1x8 мм с учетом исход- ной породы	18,38	11,23	3,75	34,36	18,47	75,77	40,60	42,73
Тоже относи- тельно класса	45,27	11,23	9,24	34,36	45,49	75,77	100,0	42,73
Для сравнения класс 1x8 мм в исходном угле	73,68	10,67	15,0	34,36	11,32	78,40	100,0	21,89

а выход породы класса 1x8 мм составит:  $16,82 - 1,24 = 15,58\%$  абс. Добавляем это количество к вновь раскрытой при дроблении промежуточных фракций породе:  $2,89 + 15,58 = 18,47\%$  абс. Тогда зольность общей породы:  $(2,89 \times 78,4 + 15,58 \times 75,28) / 18,47 = 75,77\%$ .

9. Результаты вычислений сводим в итоговую табл. 7.

Количество образованного шлама 0x1 мм при дроблении класса 8x100 мм до -8 мм составит:  $12,40 + 1,24 = 13,64\%$  абс. или 25,15% относительно исходного выхода крупного класса 8x100 мм. Зольность шлама:  $(12,4 \times 22,45 + 1,24 \times 75,28) / 13,64 = 27,25\%$ .

При анализе данных таблицы можно сделать вывод, что для угля Эльгинского месторождения наблюдается значительное раскрытие промежуточных фракций при дроблении. Их содержание в исходном крупном угле класса 8x100 мм составляло 16,72% абс., а после дробления, согласно расчетам, остаточное содержание промежуточных фракций будет 3,75% абс. Но при дроблении угля класса 8x100 мм до крупности -8 мм происходит значительное шламообразование до 25,15% отн. Это связано с тем, что уголь обладает низкой прочностью, в результате чего происходит снижение содержания легких угольных фракций в дробленном продукте до 18,38% абс. по сравнению с

содержанием легких фракций до дробления в крупном классе 20,70%. Основная часть легких фракций угля переходит в шлам 0x1 мм. Поэтому особое внимание необходимо уделить обогащению зернистого шлама в спиральных сепараторах и флотации тонкого шлама.

Обычно в технологии обогащения угля дополнительного образования шлама стараются избегать, так как повышение его содержания увеличивает себестоимость обогащения из-за больших затрат на обезвоживание шламовых продуктов. В случае для Эльгинских углей образование шлама при их дроблении является положительным моментом. Это обусловлено тем, что в шламе 0x1 мм промежуточные фракции фактически полностью раскрыты, выход легких фракций (концентрата) составляет 85-95%. В целом, с экономической точки зрения дополнительный выход концентрата за счет раскрытия промежуточных фракций при дроблении, значительно

перекрывает затраты на дробильное оборудование и затраты на переработку дополнительного количества шламов.

На приведенном примере показано, что рассмотренный алгоритм расчета результатов дробления крупного класса угля, позволяет учесть раскрытие промежуточных фракций в процессе дробления. Таким образом, расчетным методом можно оценить дополнительный выход концентрата (легких фракций) за счет раскрытия промежуточных фракций при дроблении. Это можно сделать на основе имеющихся данных ситового и фракционного анализа пластовых проб угля. Расчет по приведенной методике позволит определить экономическую целесообразность применения самого процесса дробления с целью раскрытия промежуточных фракций, а также поможет выбрать оптимальную границу машинных классов при проектировании обогатительных фабрик.

---

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Отчет исследования валовых проб угля Эльгинского каменноугольного месторождения.* // КузНИИУглеобогащение. Прокопьевск. 1988. **ГИАБ**

---

#### **Коротко об авторе**

*Козлов В.А.* – кандидат технических наук, доцент, инженер-технолог фирмы ООО «Коралайна Инжиниринг» (CETCO) vak@cetco.ru

