

## К ВОПРОСУ О ФРАКЦИОННОМ АНАЛИЗЕ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ МЕЛОЧИ

Б. А. ЗЕМЛЯКОВ, Н. К. БЕЛОГЛАЗОВ

(Представлено научным семинаром кафедры обогащения полезных ископаемых)

До последнего времени угольная мелочь класса 1—0 мм и 0,5—0 мм фракционному анализу на производстве не подвергалась. Раньше, 10—15 лет назад, когда выход мелочи в поступающем на обогащение угле был сравнительно небольшим, а дебаланс коксующихся углей не ощущался так сильно, как сейчас, на мелочь не обращали соответствующего внимания, и она чаще всего шла в присадку к концентрату или к промпродукту в необогащенном виде [1]. В последующие годы в связи с огромным ростом механизации добычи и транспортировки углей выход мелких классов резко повысился и по отдельным шахтам, выдающим угли для коксования, превышает 25—30% [2]. Все возрастающие требования металлургической промышленности к качеству углей приводят к необходимости обогащения каменноугольной мелочи. Известно, что только знание теоретически возможных показателей обогащения позволяет судить о правильности выбора метода обогащения, об эффективности работы обогатительной аппаратуры и т. д. Поэтому исследование угольной мелочи на обогатимость становится настоятельной необходимостью.

Фракционный анализ угольных порошков может быть проведен путем выделения свободных угольных зерен в тяжелых жидкостях в быстроходных центрифугах. Разработке этого вопроса посвящен ряд работ различных исследователей [2, 3, 4]. ГОСТ 4790-58 предусматривает расслоение угольной мелочи в центрифуге лабораторного типа ЦЭ-3. Однако проведенные лабораторией центробежных методов обогащения НИИУглеобогащения исследования процесса расслоения показали, что расслоение в пробирочной центрифуге позволяет сделать наиболее точные выводы относительно обогатимости угольной мелочи лишь после трех расслоений. Одиночное расслоение приводит к значительным погрешностям [5].

Таким образом, существующие методики сложны, требуют специальных установок и занимают много времени. Поэтому они не могут быть широко использованы в практике обогащения и по существу остаются до сих пор достоянием научно-исследовательских лабораторий.

Дэлл К. К. [6] предложил метод графического представления обогатимости угля в зависимости от крупности его частиц с помощью кривой Майера и его использование для определения фракционного

состава проб, включая мелкие классы. Метод Дэлла заключается в нахождении экстраполированной кривой фракционного состава пробы по фракционному составу крупных классов. Этот метод действительно дает возможность получить экстраполированную кривую, в той или иной степени соответствующую фракционному составу всей пробы. Однако такая кривая отражает зависимость зольности от выхода любой части пробы и никак не связана с удельными весами фракций. Отсюда следует, что по экстраполированной кривой нельзя определить ни фракционного состава всей пробы, ни фракционного состава угольной мелочи.

Ниже рассматривается разработанный автором статьи метод определения фракционного состава каменноугольной мелочи.

Каменный уголь не представляет собой мономинеральное вещество и по своему составу скорее может быть отнесен к полиминеральным, чем к мономинеральным веществам. Следовательно, если уголь разделить на ряд частей (например, по удельному весу), то каждую из частей можно считать самостоятельной, отличной от всех остальных частей, простейшим, как бы мономинеральным продуктом с присущими ему отличительными свойствами. При таком представлении каждая отдельная фракция каменного угля должна являться носителем определенных свойств и закономерностей.

Если распределение частиц угля по классам крупности подчиняется определенной закономерности [7, 8], то гранулометрическая характеристика отдельной угольной фракции также должна подчиняться вполне определенной закономерности, которая может быть выражена в виде аналитической зависимости.

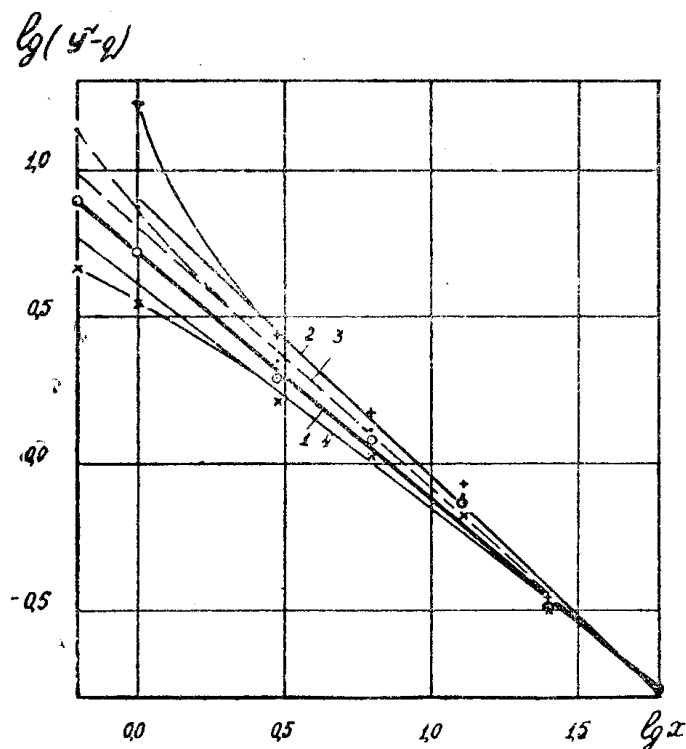


Рис. 1. Определение выхода класса 0,63—0 мм легкой фракции. Каменный уголь шахты «Красногорская» (Кузбасс).

- 1) Характеристика крупности легкой фракции (кл. 60—0 мм);
- 2) выход класса 0,63—0 мм равен нулю;
- 3) выход класса 0,63—1 мм равен 5%;
- 4) выход класса 0,53—0 мм равен 15%.

На рис. 1 кривой 1 изображен гранулометрический состав легкой фракции каменного угля шахты „Красногорской“ Кузбасса. Данные для построения кривой 1 помещены в табл. 1 [9].

Таблица 1

Ситовой состав легкой фракции каменного угля шахты «Красногорская» Кузбасса [9].

| Классы крупности<br>в мм | Выход в % |           | Суммарный<br>выход по<br>минусу Y% | lg (Y <sup>-1</sup> -q) |
|--------------------------|-----------|-----------|------------------------------------|-------------------------|
|                          | к исходн. | к фракции |                                    |                         |
| 1                        | 2         | 3         | 4                                  | 5                       |
| 60—25                    | 10,0      | 13,3      | 100,0                              | -0,770                  |
| 25—13                    | 16,9      | 22,4      | 86,7                               | -0,488'                 |
| 13—6                     | 11,1      | 14,8      | 64,3                               | -0,157                  |
| 6—3                      | 9,6       | 12,8      | 49,5                               | 0,078                   |
| 3—1                      | 15,1      | 20,0      | 36,7                               | 0,279                   |
| 1—0,63                   | 3,8       | 5,0       | 16,7                               | 0,714                   |
| 0,03—0                   | 8,8       | 11,7      | 11,7                               | 0,888                   |
| 60—0                     | 75,3      | 100,0     |                                    | Рис. 1, кривая 1        |

Характеристики крупности отдельных фракций удельного веса каменного угля в логарифмических координатах изображаются в виде прямых линий, уравнение которых аналогично уравнению характеристики крупности каменных углей [8], и для данного случая может быть представлено в следующем виде:

$$Y = \frac{CX^n}{1 + qCX^n}, \quad (1)$$

где  $X$  — крупность частиц данной фракции, которой соответствует их суммарный выход по минусу  $Y$ ;  $C$ ,  $q$  и  $n$  — постоянные, определяемые из опыта.

Параметр  $C$  характеризует выход частиц фракции меньше единицы измерения диаметра ее зерен. Логарифмирование уравнения (1) приводит к уравнению прямой

$$\lg(Y^{-1} - q) = -n \lg X - \lg C, \quad (2)$$

откуда следует, что  $\lg C$  — начальная ордината кривой характеристики крупности фракции в координатах  $\lg(Y^{-1} - q)$ ,  $\lg X$ . Величина коэффициента  $C$  может быть определена по уравнению

$$C = \frac{1}{(1-q)M^n}, \quad (3)$$

где  $M$  — диаметр наиболее крупных частиц фракции.

Параметр  $q$  характеризует гранулометрический состав фракции. При условии выбора значений суммарных выходов фракций, отвечающих отношению  $X_1 : X_2 = X_2 : X_3$ , параметр  $q$  может быть подсчитан по уравнению (4) [10].

$$q = \frac{Y_2^2 - Y_1 \cdot Y_3}{Y_2(Y_1 \cdot Y_2 - 2Y_1 \cdot Y_3 + Y_2 \cdot Y_3)} \quad (4)$$

Параметр  $n$  отражает характер распределения частиц данной фракции по классам крупности. Он характеризуется степенью кривизны кривой характеристики крупности фракции в координатах  $Y$ ,  $X$ , и в логарифмических координатах  $\lg X$ ,  $\lg(Y^{-1} - q)$  равен тангенсу угла наклона прямой характеристики крупности к оси абсцисс ( $\lg X$ ).

$$n = \frac{\lg(Y_1^{-1} - q) - \lg(Y_2^{-1} - q)}{\lg X_2 - \lg X_1} \quad (5)$$

Если из состава данной фракции, изображенного кривой 1, удалить класс (0,63—0 мм), то оставшаяся часть фракции изобразится на том же графике кривой 2. Если задаться выходом легкой фракции в этот класс, равным 5%, получим кривую 3. Если принять выход этой фракции 15%, то получим кривую 4. Лучшее спрямление характеристики крупности легкой фракции в данном примере происходит при выходе ее в класс (0,63—0 мм), равном 9%. При этом абсолютная ошибка в определении выхода легкой фракции в определяемый класс получилась равной  $\Delta = 0,2\%$ , а относительная ошибка  $\Delta' = 3,0\%$ . Расчетная прямая характеристики крупности легкой фракции практически совпала с кривой 1. Аналогичная картина наблюдается для всех фракций каменного угля.

Таким образом, избыток или недостаток мелочи в гранулометрическом составе фракции, как это наблюдалось ранее и для всего угля [11], приводит к отклонению конечных точек характеристики крупности в логарифмических координатах от прямой, проведенной по остальным точкам опыта. Причем при недостаточном выходе мелочи данной фракции отклонение конечных точек характеристики происходит вверх, а при избытке вниз. Следовательно, по отклонению конечных точек кривых ситового состава фракции в области мелких классов можно судить о гранулометрическом составе данной фракции и о правильности определения фракционного состава мелочи.

Методика определения выхода мелочи любой фракции сводится к установлению выхода определяемого класса данной фракции, при котором конечная точка кривой характеристики крупности фракции будет ложиться на прямую, проведенную по остальным точкам опыта. Практически это сводится к тому, что, задавшись выходом мелочи данной фракции, следует подсчитать суммарный выход частиц различных классов фракции по минусу  $Y$  и функцию  $\lg(Y^{-1} - q)$ , а затем по полученным данным построить кривую характеристики крупности фракции в координатах  $\lg(Y^{-1} - q)$ ;  $\lg X$ . Если конечная точка характеристики крупности ложится на продолжение прямой, проведенной по остальным опытным точкам, то принятый выход является действительным выходом данного класса фракции.

Аналогичным образом может быть установлен выход каменноугольной мелочи всех отдельно взятых фракций или, иначе говоря, фракционный состав мелочи.

На рис. 2 помещены кривые характеристик крупности фракций каменного угля пласта „Владимир“ (данные расчета помещены в табл. 2).

Как видно из графика, характеристики крупности легкой и тяжелой фракций без класса (0,5—0 мм) имеют характерное отклонение конечных точек вверх (кривые 1; 4). Спрявление характеристик

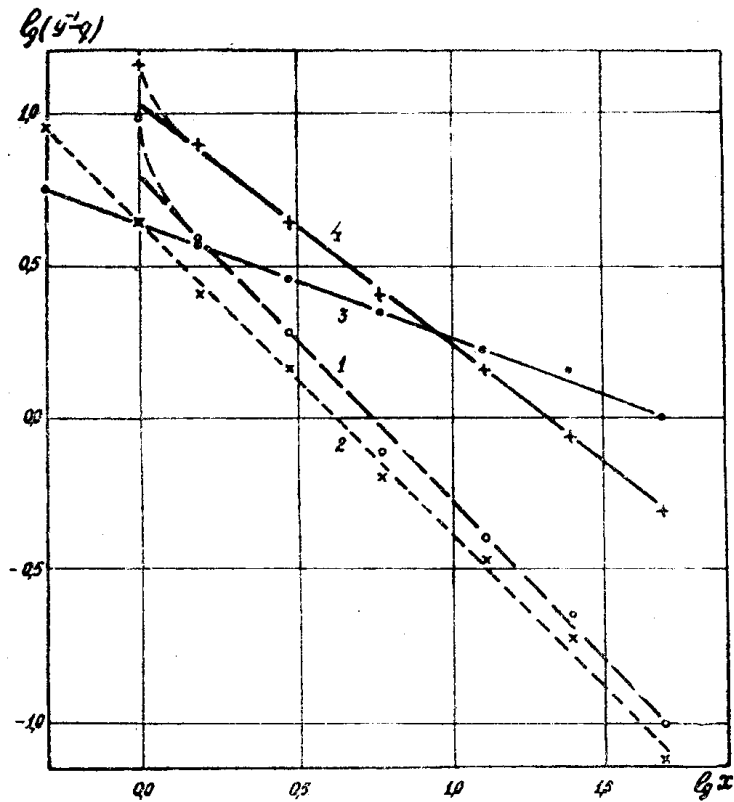


Рис. 2. Кривые характеристик крупности фракций уд. веса. Каменный уголь пласта «Владимир» (Донбасс).

1) легкая фракция без класса 0,5—0 мм; 2) легкая фракция класс 50—0 мм; 3) тяжелая фракция класс 50—0 мм; 4) тяжелая фракция без класса 0,5—0 мм.

Таблица 2

Определение выхода класса 0,5-0 мм легкой и тяжелой фракций каменного угля пласта «Владимир»

| крупность, X мм | Легкая фракция              |                      |              | Тяжелая фракция             |                      |              |
|-----------------|-----------------------------|----------------------|--------------|-----------------------------|----------------------|--------------|
|                 | выход фракции в % от пласта | выход в % от фракции | $\lg(Y-1-q)$ | выход фракции в % от пласта | выход в % от фракции | $\lg(Y-1-q)$ |
| 1               | 2                           | 3                    | 4            | 5                           | 6                    | 7            |
| 50              | 7,35                        | 10,47                | -1,125       | 0,90                        | 32,13                | 0,000        |
| 25              | 7,48                        | 10,65                | -0,719       | 0,25                        | 8,93                 | 0,186        |
| 13              | 10,61                       | 15,13                | -0,465       | 0,40                        | 14,28                | 0,229        |
| 6               | 15,37                       | 21,90                | -0,191       | 0,28                        | 10,00                | 0,350        |
| 3               | 9,28                        | 13,23                | 0,166        | 0,20                        | 7,14                 | 0,460        |
| 1,5             | 7,12                        | 10,14                | 0,409        | 0,12                        | 4,30                 | 0,562        |
| 1               | 5,97                        | 8,50                 | 0,650        | 0,15                        | 5,36                 | 0,634        |
| 0,5             | 7,00                        | 9,98                 | 0,958        | 0,50                        | 17,86                | 0,748        |
| 50—05           | 70,18                       | 100,00               |              | 2,80                        | 100,00               |              |

крупности фракций получилось при выходе легкой фракции класса (0,5—0 мм), равном 7%, и тяжелой фракции этого же класса 0,5% (кривые 2; 3).

Проверкой правильности проведенного определения может служить сложение выходов мелочи всех фракций данного класса. Их сумма должна быть равна выходу мелочи этого класса по ситовому анализу. В рассмотренном примере выход суммы легкой и тяжелой фракций получился равным 7,5%. Расхождение между расчетным выходом суммы фракций кл. (0,5—0 мм) и действительным выходом этого класса получилось равным  $\Delta = 0,14\%$  и относительная ошибка  $\Delta' = 2,0\%$ .

Извлечение горючего и породы фракции может рассматриваться как их распределение по классам крупности. Следовательно, вышеописанным путем может быть определено извлечение горючего и породы в мелкие классы пробы.

Метод представления фракционного состава угля в виде гранулометрического состава отдельных фракций позволяет с его помощью решать целый ряд задач, связанных с обогащением углей.

Изложенный метод приобретает особую ценность в случаях отсутствия в пробе по каким-либо причинам наиболее мелких классов. Так, например, на шахтах с гидравлической добычей уголь транспортируется потоком воды, набор пробы из которого представляет значительные трудности. В таких случаях набор проб производится или в посуду с сетчатым дном, через которое вместе с водой проходят мелкие частицы угля, или в отстойник, куда вместе с углем поступает оборотная вода, засоренная мелкими частицами угля и породы, не имеющими прямого отношения к данной пробе. В результате в обоих случаях проба, как правило, по составу мелких классов является не представительной. Рассмотренный метод позволяет и в этом случае определять фракционный состав мелочи разрабатываемого пласта.

### Выводы

1. Распределение частиц отдельных фракций каменного угля по классам крупности подчиняется вполне определенной закономерности, которая может быть выражена уравнением (1).

2. Уравнение (1) позволяет по фракционному составу крупных классов пробы определять фракционный состав мелочи без ее расслоения в тяжелых жидкостях, что представляет особую ценность в случаях отсутствия в пробе мелких классов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Труды конференции по обезвоживанию продуктов обогащения углеобогажительных фабрик Донбасса. М., Харьков, 1952.
2. Давыдов Н. И. Фракционный анализ угольных порошков. Вопросы обогащения и брикетирования углей. Сб. ВУГИ, 9, 1953.
3. Зарубин С. Л. Лабораторная центрифуга для фракционного анализа угольных порошков. Сб. инф. по обогащению и брикетированию углей, 4, Углетехиздат, 1957.
4. Коршунов В. И., Демидов Л. Г. Методы исследования на обогатимость мелкозернистых и тонкозернистых классов углей. Тр. института Горючих ископаемых АН СССР, т. 6, М., 1955.
5. Борц М. А., Скворцов М. Н. Методика расслоения угольной мелочи в тяжелых жидкостях. Сб. НИИУглеобогащение, 15, М., 1960.
6. Dell C. C. The effect of size on Coal-cleaning results. Collery Eng. 395, 396, 1957.
7. Верховский И. М. Основы проектирования и оценки процессов обогащения полезных ископаемых. Углетехиздат, М.-Л., 1949.

8. Земляков Б. А. Уравнение гранулометрической характеристики каменных углей. Изв. вузов, Горный журнал, 8, 1959.
  9. Попов А. А. Новое оборудование для обогатительных фабрик. Сб. ин-та НИИУглеобогащение, М, 1960.
  10. Земляков Б. А., Белоглазов Н. К. Распределение горючего и породы каменных углей по классам крупности. Изв. СО АН СССР, 9, Новосибирск, 1961.
  11. Земляков Б. А. Определение выхода мелких классов материала при их отсутствии в пробе, подвергаемой исследованию. Горнодобывающая промышленность Казахстана, 6, Алма-Ата, 1960.
  12. Геолого-химическая карта Донецкого бассейна. Вып. 1, ГНТИ. 1936.
-