

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОДУКТА РЕЗАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Кондрахин В.П. докт. тех. наук, доц., Хиценко А.И. аспирант,
Донецкий государственный технический университет

Установлена адекватность модели гранулометрического состава применительно к породе и идентифицирован параметр модели.

The model of the grain-size analysis for coal analogue and for rock is tested for goodness of fit of data obtained experimentally. Parameter of model is identified.

Определение гранулометрического состава горной породы, разрушенной выемочной машиной, необходимо для получения исходных данных для расчета и моделирования элементов технологической цепочки, стоящих после выемочной машины. Исследованию процесса измельчения угля при резании посвящены работы многих ученых, в частности [1]. Современный уровень развития науки требует широкого применения методов математического моделирования в исследованиях процесса разрушения горных пород.

Разработанная имитационная математическая модель процесса резания горной породы [2,3] отличается простотой в виду использования малого числа параметров и может применяться для моделирования гранулометрического состава продукта. В основе модели лежит предположение об идентичности закономерностей сокращения крупности породы при резании и дроблении одиночных кусков породы.

Характеристический размер куска угля или породы D_i можно определить несколькими способами:

- как среднее геометрическое параметров, определяющих объем куска: ширины среза t , толщины h , пути, пройденного резцом за время между двумя последующими единичными актами разрушения (сколами), Δl ;
- как среднее арифметическое этих же параметров;
- принять равным одному из вышеназванных параметров, например $D_i = \Delta l$.

Как показали проведенные исследования, при определении характеристического размера куска вторым способом результат моде-

лирования ближе к экспериментальному значению. Следовательно, размер D_i определяется по выражению:

$$D_i = \frac{t + h + \Delta l_i}{3}.$$

Путь Δl , пройденный резцом за время между двумя последующими сколами, определяется в соответствии с [2].

Объем продукта, имеющего размер меньше диаметра отверстия сита d , для каждого скола определяется по выражению:

$$V_{ni}(d) = \begin{cases} D_i^3 F(d/D_i) & \text{при } d < D_i, \\ D_i^3 & \text{при } d > D_i; \end{cases}$$

где $F(d/D_i)$ - непрерывная функция, характеризующая крупность продукта.

Функцию $F(d/D_i)$ предпочтительно принимать в виде уравнений Годена-Андреева (Г-А) или Розина-Раммлера (Р-Р) [2], так как они являются однопараметрическими.

Уравнение Г-А имеет вид:

$$F(d/D_i) = (d/D_i)^k,$$

где k - параметр, характеризующий свойства разрушенной горной породы.

Уравнение Р-Р в модифицированном виде [2]:

$$F(d/D_i) = 1,582(1 - e^{-(\frac{d}{D_i})^u}),$$

где u - параметр, аналогичный k .

Выход продукта для каждого класса крупности определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^N V_{ni}(d)}{\sum_{i=1}^N D_i^3},$$

где N - число сколов.

Для оценки адекватности и идентификации параметров модели использовались результаты экспериментов по резанию углещементного блока и песчаника, проводимых на специальном стенде, разработанном совместно на кафедрах "Горные машины" и "Горная механика". Резание песчаника осуществлялось на строгальном станке с использованием резца РКС, а резание углещементного блока - эталонным резцом. Углещементный блок имел длину резания, равную

0,52 м, а блок песчаника - 0,3 м. Параметрами резания являлись: в первом случае толщина стружки $h=2$ см, ширина $t=7,2$ см, а во втором - $h=0,5$ см, $t=3$ см.

Определение гранулометрического состава продукта производилось методом ситового анализа с использованием лабораторного оборудования кафедры обогащения полезных ископаемых.

Объем проб в натурном эксперименте определялся в соответствии с требованиями ГОСТ 10742-71 [4], то есть для углицементного блока масса пробы составила 4,61 кг, а для песчаника - 0,65 кг.

При идентификации параметров и установлении адекватности разработанной модели применительно к процессу резания углицементного блока и песчаника производилось сравнение данных натурального и вычислительного экспериментов.

В данной модели требует идентификации параметр функции, характеризующей крупность продукта, то есть параметр k при применении уравнения Г-А и параметр u в случае использования уравнения Р-Р. Идентификация указанных параметров производилась при помощи метода наименьших квадратов.

В результате идентификации установлены следующие значения параметров: $k=0,35$ и $u=0,5$ для моделирования гранулометрического состава песчаника и $u=0,92$ применительно к углицементному блоку. При этом учитывалась рекомендация работы [2], согласно которой при моделировании гранулометрического состава продукта резания угля (углицементного блока) предпочтительней использовать уравнение Р-Р.

На рисунке 1 представлены суммарные характеристики крупности продукта резания углицементного блока. Как видно из рисунка, суммарные характеристики выходов по классам крупности, полученные по данным ситового анализа (1) и при моделировании по уравнению Р-Р (2), практически совпадают. Следовательно, разработанная модель в первом приближении адекватна реальному процессу формирования гранулометрического состава продукта при резании углицементного блока.

Данные для оценки адекватности разработанной модели гранулометрического состава применительно к песчанику приведены в таблице.

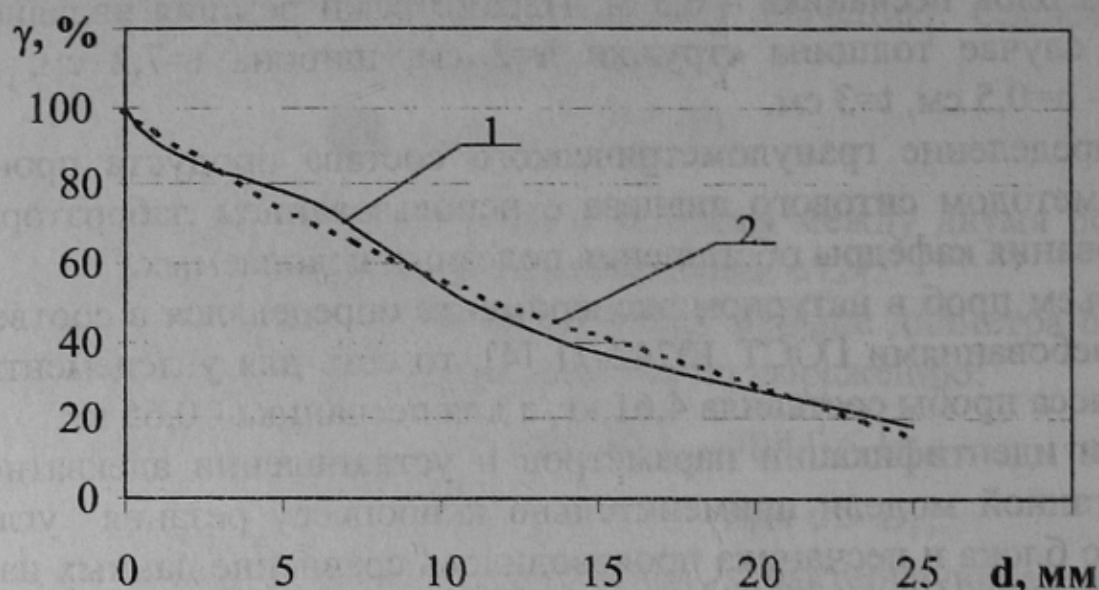


Рисунок 1 - Суммарные характеристики крупности, полученные по данным ситового анализа продукта резания углицементного блока (1) и при моделировании по уравнению Р-Р (2)

Таблица - Оценка адекватности результатов имитационного моделирования процесса резания песчаника

выход продукта γ , %	классы крупности, мм				
	0-1	1-2	2-3	3-6	6-13
даные ситового анализа	44	8	7	15	26
моделирование по уравнению Р-Р	39	13	9	17	22
моделирование по уравнению Г-А	41	11	8	17	23

Анализ таблицы показывает, что при моделировании по уравнению Р-Р погрешность определения выходов составляет более 20 %, а при моделировании по уравнению Г-А погрешность в основном не превышает 15 %. Наиболее значительное расхождение в значениях выхода имеется в классе с самым маленьким выходом, удельный вес и значение которого незначительны. В целом разработанная модель адекватна реальному гранулометрическому составу песчаника и может применяться для оценки результатов процесса резания пород.

Поскольку при использовании уравнения Г-А значения выходов классов крупности ближе к экспериментальным значениям, чем при использовании уравнения Р-Р, то для моделирования гранулометрического состава пород рекомендуется использовать уравнение Г-А (см. рис. 2).

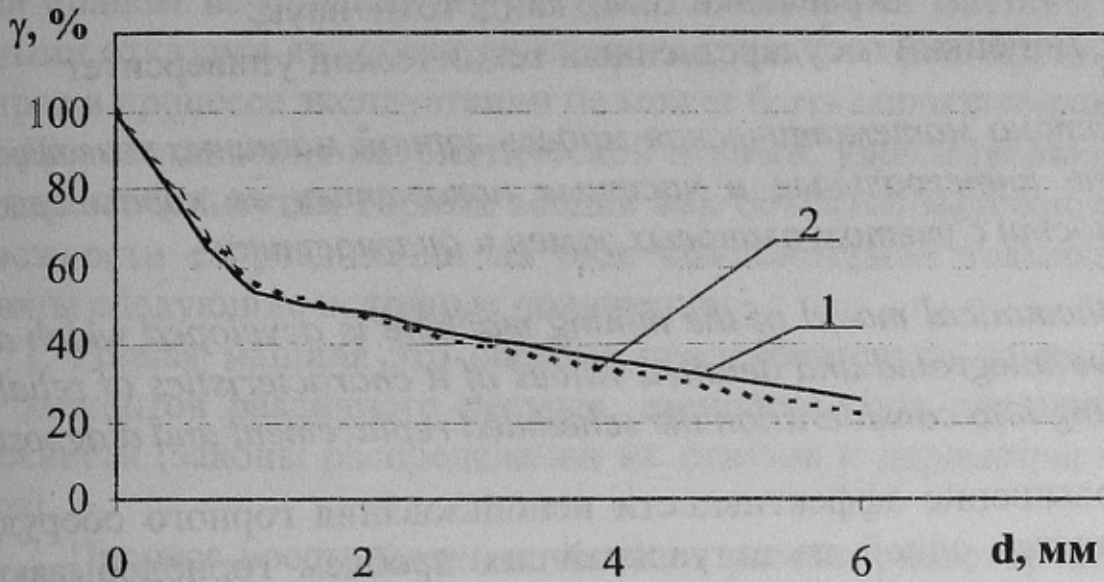


Рисунок 2 - Суммарные характеристики крупности, полученные по данным ситового анализа (1) продукта резания песчаника и при моделировании по уравнению Г-А (2)

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанная модель в основном адекватно описывает гранулометрический состав продукта, полученного при резании горных пород.

Список источников

1. Позин Е.З., Меламед В.З., Азовцева С.М. Измельчение углей при резании. - М.: Наука, 1977. - 138 с.
2. Кондрахин В.П. Математическое моделирование рабочих процессов и оптимизация структуры и параметров породоразрушающих горных машин. - Дис. ... докт. тех. наук. - Донецк, 1999. - 412 с.
3. Кондрахин В.П., Осипенко А.И. Имитационное моделирование процесса формирования нагрузок на резцах при резании горных пород. - Донецк: Сб. "Наукові праці Донецького державного технічного університету". - Вып. 16, 2000. - с. 161 - 168.
4. ГОСТ 16094-78. Угли бурые, каменные, антрацит и горючие сланцы. Метод отбора эксплуатационных проб. М., изд-во стандартов. - 4 с.