

УДК: 553.08

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВЫБОРОЧНОЙ ФУНКЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДРОБЛЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ROCKY DEM**

**Паливода А. А.**

Горный институт КНЦ РАН, Россия, Апатиты, e-mail: a.palivoda@ksc.ru

Автором в данной статье исследуется влияние коэффициента выборочной функции на полученные результаты цифрового моделирования в программном обеспечении Rocky DEM с целью выведения определенных закономерностей их применения. Моделируется процесс дробления с применением свободного падения стального цилиндра определенной массы, радиусом 0,07 м и высотой 0,21 м, с заданной высоты. Коэффициент выборочной функции принимается равным 0,003, 1 и 3 кг/Дж, соответственно. Остальные параметры остаются неизменными. В работе используется такая модель разрушения, как Ab-T10, основанная на алгоритме Вороного разрушения частиц. Получены результаты моделирования процесса дробления на примере упрощенной модели, а именно, зависимость количества фрагментов от коэффициента выборочной функции; зависимость процентного соотношения частиц по массе в зависимости от распределения их размеров при различных коэффициентах выборочной функции. В данной статье раскрыт ряд соответствующих исследованию закономерностей влияния коэффициента выборочной функции в процессе моделирования разрушения в программном обеспечении Rocky DEM.

**Ключевые слова:** коэффициент выборочной функции, измельчение, Rocky DEM, цифровое моделирование.

## **STUDY OF THE INFLUENCE THE SELECTION FUNCTION COEFFICIENT IN THE SIMULATION OF CRUSHING IN THE ROCKY DEM SOFTWARE**

**Palivoda A. A.**

Mining Institute Kola Science Centre RAS, Russia, Apatity, e-mail: a.palivoda@ksc.ru

The author in this article investigates the influence of the selection function coefficient on the obtained results of digital modeling in the Rocky DEM software in order to derive certain patterns of their application. The crushing process is modeled using the free fall of a steel cylinder of a certain mass, with a radius of 0.07 m and a height of 0.21 m, from a given height. The selection function coefficient is assumed to be 0.003, 1 and 3 kg / J, respectively. Other parameters remain unchanged. The work uses such a destruction model, as Ab-T10, based on the Voronoi particle destruction algorithm. The results of modeling of process of crushing using a simplified model, namely, the dependence of the number of fragments from the selection function coefficient; the dependence of the percentage of particles by mass, depending on the distribution of their sizes at different ratios of sample functions. This article reveals a number of relevant research patterns of the influence of the selection function coefficient in the process of modeling destruction in the software Rocky DEM.

**Keywords:** sampling function coefficient, grinding, Rocky DEM, digital modeling.

Сокращение крупности горных пород в операциях дробления и измельчения являются наиболее энергоемкими процессами в горнорудной промышленности, на долю которых приходится 60-70 % от общих энергозатрат, потребляемых при переработке минерального сырья. В связи с этим, совершенствование технологических схем переработки

труднообогатимых руд с использованием цифрового моделирования за счет более полного использования энергии, необходимой для раскрытия минеральных фракций, обеспечивающего максимальную эффективность последующих сепарационных процессов, является актуальной задачей. Для достижения поставленной задачи на первом этапе моделирования автор работы исследует влияние коэффициента выборочной функции на полученные результаты цифрового моделирования в программном обеспечении Rocky DEM. Дальнейшие данные послужат основой для моделирования процессов разрушения более сложных конструкций.

**Материалы и методы.** В данной работе моделирование процесса разрушения частицы изучается с помощью создания упрощенной модели в программном обеспечении Rocky DEM.

**Основная часть.** Описание упрощенной модели дробления. Для создания геометрии модели используется геометрический предпроцессор ANSYS SpaceClaim. Геометрия исследуемой модели состоит из трех основных частей (рис. 1):

- 1) стальной цилиндр, радиусом 0,07 м и высотой 0,21 м, служащий в данном исследовании предметом дробления;
- 2) стальной цилиндрический фундамент, радиусом 0,07 м и высотой 0,045 м, участвующий в процессе дробления;
- 3) стенки, высотой 0,63 м, служащие границами модели для исключения вылета измельченного материала за пределы моделирования.

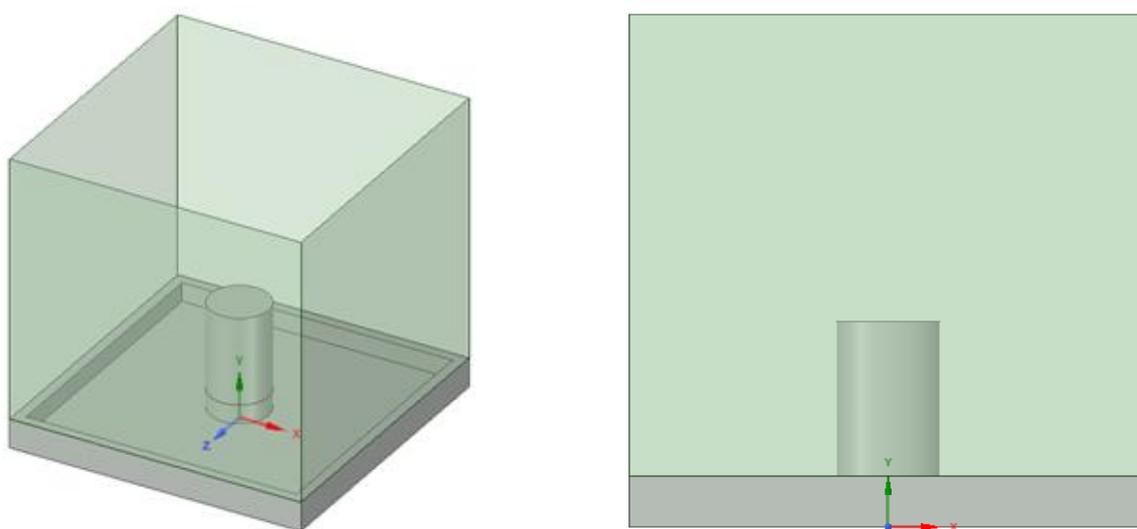


Рис. 1 Геометрия модели дробления.

Дальнейшая работа по созданию цифровой модели дробления производится в программном обеспечении Rocky DEM. Построение цифровой модели начнется с

генерации частиц, в рамках данного исследования их количество принимается равным одному. На рис. 2 изображена сгенерированная частица, размером 0,07 м.

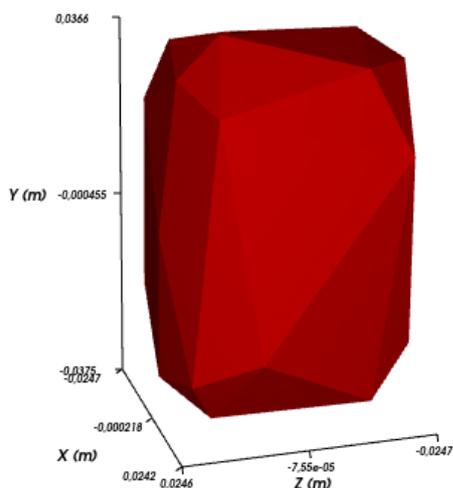


Рис. 2 Частица, сгенерированная в Rocky DEM, размером 0,07 м.

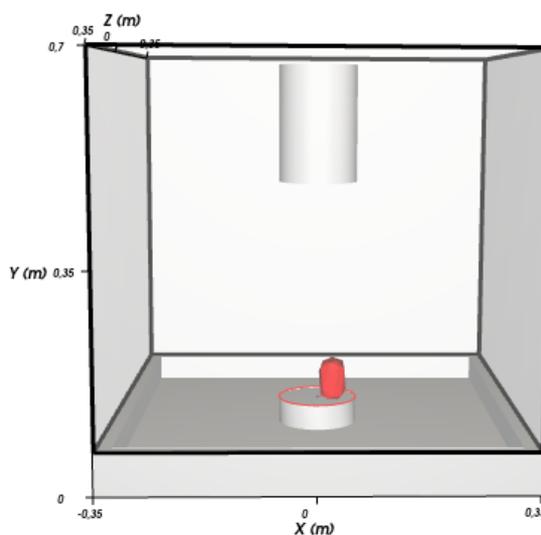


Рис. 3 Сгенерированное начальное положение частицы, начальное положение цилиндра.

В настоящей работе моделирование разделяется на два процесса:

- 1) генерация самой частицы (в период времени с 0 до 0,1 секунды), участвующей в последующем дроблении;
- 2) свободное падение цилиндра (в период времени с 0,1 до 1 секунды), служащего измельчающим телом.

Свободное перемещение стального цилиндра, массой 24,96 кг, под действием силы тяжести происходит относительно вертикальной оси OY с высоты 0,4 м. На рис. 3 показаны начальное положение сгенерированной частицы и цилиндра.

Данные по физическим свойствам материала приведены в таблице.

Объект моделирования	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Модуль Юнга, кПа
Стальной цилиндр	7800	1e+08
Частица	1700	5e+05

Таблица. Физические свойства моделируемых материалов.

В конкретном случае автор работы использует в своем исследовании модель мгновенной фрагментации Ab-T10. Эталонный размер, используемый для измерения других параметров дробления, задан программой и равен 0,0254 м. Минимальная эталонная удельная энергия, при которой происходит разрушение частицы эталонного размера принимается равной 3 Дж/кг. Максимальной значение массового процента дробления частиц определен 10%. Минимальный размер частицы, получаемый после дробления, равен 0,003 м.

Указанные выше четыре параметра остаются неизменными для моделирования процесса дробления в следующих трех случаях для коэффициента выборочной функции (K), равного 0,003, 1 и 3 кг/Дж, соответственно. Тип распределения фрагмента по размерам, используемый в модели, задан как Gaudin-Schumann.

Полное распределение размеров фрагментов определяется из значения  $t_{10}$ , предполагая распределение Gaudin-Schumann:

$$Y = 10 t_{10} \left( \frac{x}{L} \right)$$

где: Y – суммарный процент массы проходящих фрагментов; x – размер просеивающего сита; L – размер раздробленной частицы.

Модель разрушения Ab-T10 основана на алгоритме Вороного разрушения частиц и рассматривает каждую частицу как единое целое, которое может быть мгновенно разбито на фрагменты на основе определенных значений силы разрушения и/или энергии.

**Результаты.** На рис. 4 изображены результаты моделирования процесса дробления на примере упрощенной модели. На основании полученных результатов выявлена закономерность, что при увеличении коэффициента выборочной функции увеличивается количество создаваемых фрагментов после процесса разрушения. Следовательно, можно сделать вывод, что уменьшение этого значения уменьшает скорость измельчения частиц.

На рис. 5 приведены результаты процентного соотношения частиц по массе в зависимости от распределения их размеров при различных коэффициентах выборочной функции. Из рисунка видно, что при  $K = 0,003$  кг/Дж после процесса дробления можно выделить пять распределений частиц по размерам. При двух других вариантах коэффициента выборочной функции просматривается уменьшение количества групп измельченного материала по размерам. На основании такой зависимости автор статьи сделал соответствующий вывод, что при дальнейшем увеличении коэффициента выборочной функции распределение частиц по размерам сводится к одной группе.

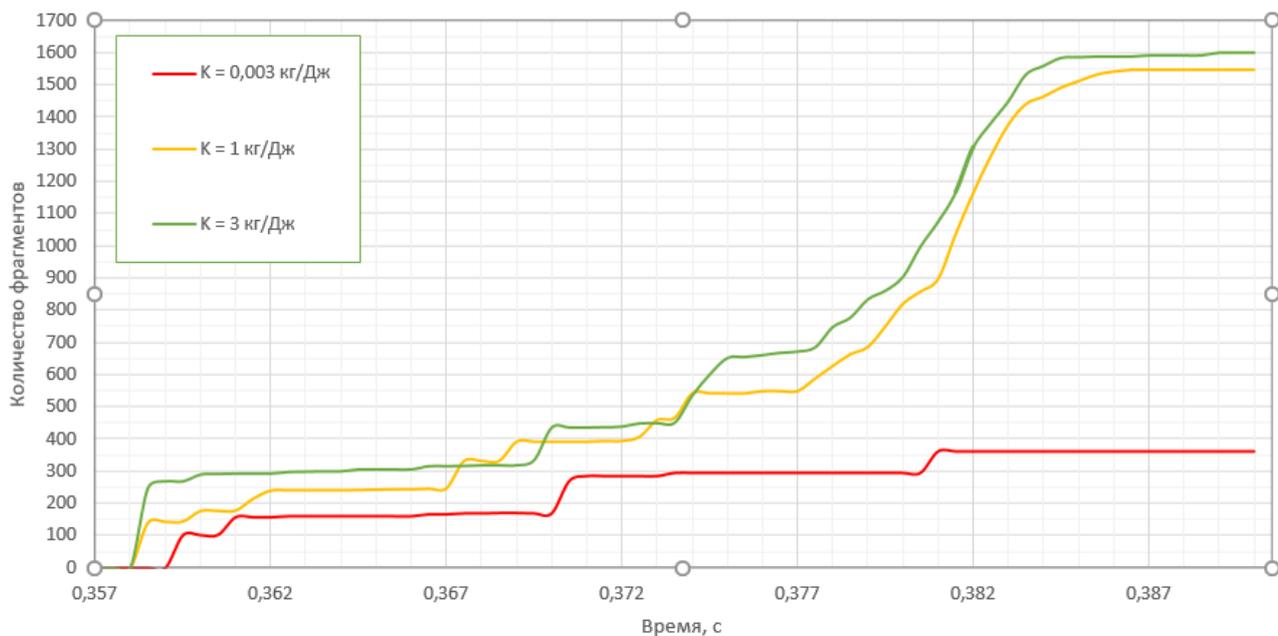


Рис. 4 Результаты моделирования: зависимость количества фрагментов от коэффициента выборочной функции.

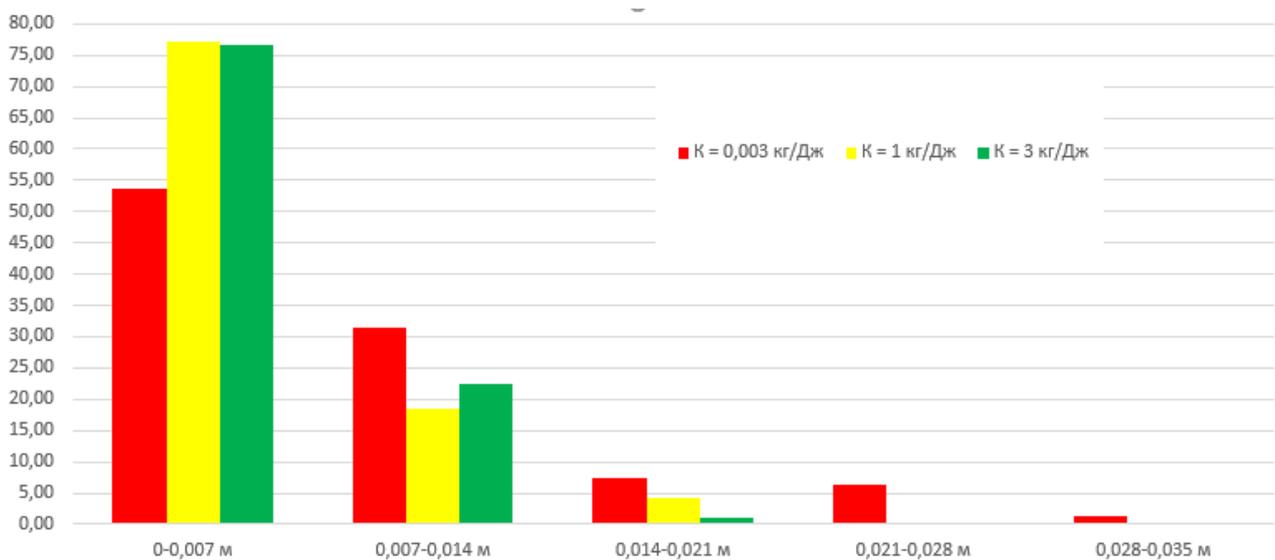


Рис. 5 Результаты моделирования: процентное соотношение частиц по массе в зависимости от распределения их размеров при различных коэффициентах выборочной функции.

**Заключение или выводы.** Проанализировав полученные результаты численного моделирования процесса дробления на упрощенном примере, автор настоящей статьи выделил следующие закономерности влияния коэффициента выборочной функции:

- 1) уменьшение значения данного коэффициента приводит к уменьшению скорости измельчения частиц;
- 2) при увеличении значения данного коэффициента распределение частиц по размерам сводится к одной группе.

Автор статьи имеет предпосылки для дальнейшего исследования процесса дробления частиц с использованием численного моделирования по созданию верификационной модели. Цель дальнейшего исследования состоит в экспериментальном определении изучаемого коэффициента выборочной функции.

#### Список литературы:

1. Андреев Е. Е., Тихонов О. Н. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: Учебник / Санкт-Петербургский государственный горный университет. СПб, 2007. 439 с.
2. Андреев С. Е., Перов В. А., Зверевич В. В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1980, 415 с.
3. Линч А. Дж. Циклы дробления и измельчения. Моделирование, оптимизация, проектирование и управление: Пер. с англ. – М.: Недра, 1981, 343 с.
4. Серго Е. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1985. – 285 с.
5. Шупов Л. П. Моделирование и расчет на ЭВМ схем обогащения. – М.: «Недра», 1980. – с. 288.
6. King R. P. Modeling and simulation of mineral processing systems, Butterworth-Heinemann. – p. 416.
7. Rocky 4 User Manual