

4. Курицын Б.Н., Медведева О.Н., Иванов А.А. Влияние давления газа на эффективность его использования// Приволжский научный журнал. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2009. – №3 (11). – С. 65-69.
5. Курицын Б.Н., Медведева О.Н., Иванов А.А. Исследование тепловой эффективности водогрейных аппаратов, работающих на газовом топливе// Вестник Южно-Уральского гос. ун-та, серия «Строительство и архитектура». – выпуск 8. – №16. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – С. 54-57.

УДК 621.187

## **ПРОЕКТНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КАЛИЙНОЙ РУДЫ В УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ДРОБИЛКАХ**

**Таяновский Г.А., Худайназаров К.**

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

*В статье рассмотрена математическая модель процесса измельчения калийной руды и предложено универсальное выражение селективной функции измельчения*

На сильвинито-обогащительных фабриках уже имеются примеры использования ударно-центробежных дробилок. Среди устройств, используемых для измельчения калийной руды при подготовке к флотации, таких как молотковые дробилки, стержневые мельницы, ударно-центробежные дробилки, последние имеют существенное преимущество из-за обеспечения более узкого фракционного состава измельченного продукта, что особенно важно при необходимости наиболее полного извлечения хлоркалия во флотационных машинах и уменьшения его выноса со шламом.

Меняя степень измельчения руды путем выбора режима работы, можно влиять как на технологические параметры производства калийных удобрений, так и на их свойства. При этом измельчение калийной руды на центробежно-ударных дробилках позволяет получать продукт требуемого гранулометрического состава при минимальных эксплуатационных затратах. Благодаря ударному методу измельчения продукт, получаемый в процессе измельчения, отличается узким гранулометрическим составом. При этом снижается энергоемкость процесса измельчения в кВт\*ч/т и намол металла в готовый продукт, в сравнении с другим применяемым для этих же целей оборудованием. На гранулометрический состав измельченного продукта не оказывает влияния износ рабочих органов дробилки. Крупность готового продукта можно регулировать в процессе работы без остановки оборудования. Использование центробежно-ударных дробилок позволяет измельчать минеральное сырье с различными свойствами для производства широкой гаммы продуктов.

Учеными установлена тесная связь между размером частицы и расходом энергии на ее разрушение. Измельчение требует затрат энергии тем больших, чем выше требуемая степень измельчения. Центробежно-

ударный способ дробления по схеме «камень о металл» известен достаточно давно и в последнее время находит все большее применение в процессах дробления и измельчения рудных и нерудных материалов, благодаря тому, что практически вся подводимая к дробилке энергия используется для сообщения кинетической энергии измельчаемому материалу, а последние достижения изобретателей существенно повысили технический уровень таких дробилок. Центробежно-ударные дробилки имеют большой КПД, высокий коэффициент измельчения и достигнутая надежность в работе обуславливают достаточную экономическую эффективность их применения.

При разработке центробежно-ударной дробилки необходимо еще на стадии проектирования оценивать наиболее вероятный гранулометрический состав дробленого продукта. Однако анализ научных публикаций показал, что применительно к дроблению калийной руды таких работ недостаточно [1-8].

В работе Денисова Д.Г. [6] предложена математическая модель процесса измельчения калийной руды в центробежно-ударных дробилках на основе известной балансовой модели измельчения [3, 6, 7]

$$f(\delta_i) = f_0(\delta_i)[1 - P(\delta_i)] + \int_{\xi=\delta_i}^{\delta_{\max}} \frac{dF(\delta_i, \xi)}{d\xi} f_0(\xi) P(\xi) d(\xi)$$

где  $P(\xi)$  - селективная функция измельчения;  $F(\delta_i, \xi)$  - распределительная функция;  $f_0(\delta)$  - плотность распределения исходного материала;  $f(\delta)$  - плотность распределения дробленого материала;  $\delta$  – размер частиц, мм.

Математическое моделирование процесса передела дисперсного материала по балансовой модели состоит в определении материальных балансов для всех классов крупности до и после разрушения на основе расчета селективной и распределительной функций для каждого фракционного класса.

На основе анализа известных выражений селективной функции распределения массовых долей классов разрушенных частиц измельченного минерального сырья [5 - 7] в данной работе предложено, на наш взгляд, достаточно универсальное выражение селективной функции, в сравнении с другими известными выражениями, применительно к различным видам дробилок:

$$P(\delta) := 1 - e^{-\frac{\lambda}{\lambda\nu} \left( \frac{\delta}{\delta\nu} \right)^{\frac{\alpha}{a\nu}}}$$

где  $\alpha, \lambda$  – постоянные параметры селективной функции для конкретного измельчаемого материала и конструкции дробилки;  $\delta$  – размер разрушаемых частиц минерала, мм.

Это моделирующее выражение расширяет возможности опытной идентификации параметров селективной функции с необходимой точностью по результатам испытаний подобных разрабатываемой экспериментальных образцов дробилок. Параметр  $\alpha$  зависит от производительности и конструкции дробильного устройства, в диапазоне  $0 \leq \alpha \leq 10$  и может быть представлен двухчленным  $(k*Q+c)$ , где  $k$  – коэффициент влияния производительности  $Q$ , в  $(\text{т/ч})^{-1}$ ;  $c$  – параметр конструкции дробильного устройства. Параметр  $\lambda$  имеет размерность  $\text{м}^{-1}$ , определяется физико-механическими свойствами измельчаемого материала и имеет значения в числовом формате  $\lambda = x,xxx * 10^{-n}$ , где  $x,xxx$  – мантисса числа,  $n$  – показатель степени от 1 до 6. Селективная функция  $P(\delta)$  характеризует вероятность разрушения частиц размера  $\delta$  и численно равна массовой доле в дробленом продукте частиц класса  $\delta$  [5, 6].

Характер предложенной селективной функции, в сравнении с предложенной в работе [6] (рис. 1 в), при различных значениях параметров, показан на рис. 1 а), б). Значения идентификаторов с греческой буквой  $\nu$  представляют некоторые базисные значения, характерные для дробилок различных видов.

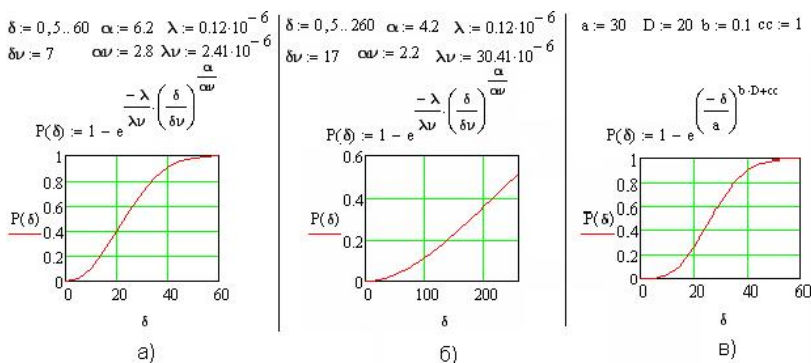
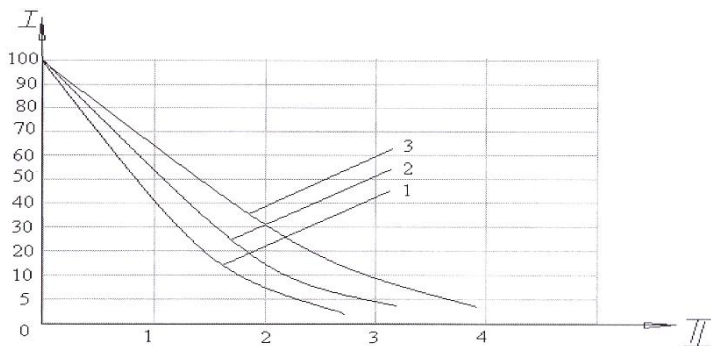


Рис. 1. Селективная функция распределения при различных ее аналитических выражениях и значениях параметров

Кривые на рис. 1а) и 1в) характерны для центробежно-ударных дробилок, а на рис. 1б) – для конусной дробилки.

Предложенное моделирующее выражение селективной функции обеспечивает описание характера протекания кривых, имеющих место на практике (рис. 2 и 3).



Типовые характеристики крупности продуктов дробления конусных дробилок: 1- КСД-1200Гр 2 - КСД-1200Г 3 - КМД-1200Гр

I - суммарный выход фракции, %

II - размер продукта в долях разгрузочной щели в фазе сближения профилей

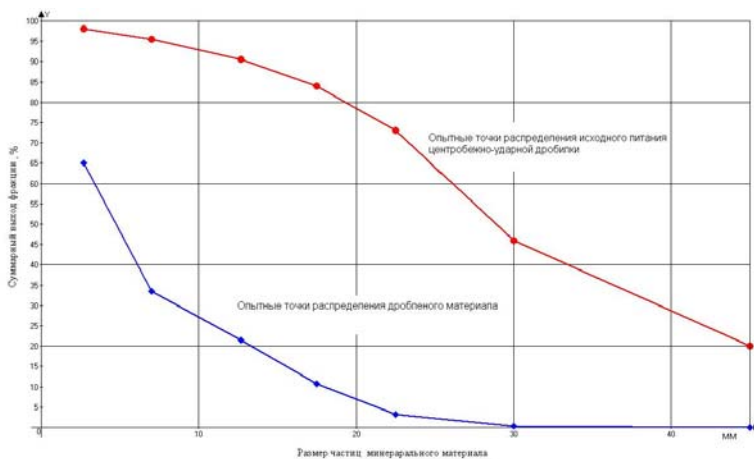


Рис. 3. Изменения фракционного состава материала в центробежной дробилке Титан Д-250 (опыт) [6]

Распределительная функция  $F(\delta_i, \xi)$  характеризует распределение осколков дробленого продукта, получающихся из частиц различных фракций исходного питания, по классам меньшего размера  $\xi$  и может быть описана моделирующим выражением [6]:

$$F(\delta_i, \xi) = 1 - \left[ 1 - \left( \frac{\xi - \delta_{\min}}{\delta_i - \delta_{\min}} \right)^m \right]^q,$$

где  $m$ ,  $q$  – параметры кривой распределения;  $\delta_i$ ,  $\delta_{\min}$  – параметры положения кривой распределения, мм. Графически преобразование фракций исходного полидисперсного минерального сырья в дробленый продукт может быть представлено трехмерной поверхностью.

Приведенные выражения позволяют на основе результатов натурного эксперимента с разрабатываемой центробежно-ударной дробилкой настроить моделирующие выражения и получить значения параметров, входящих в них, а затем использовать их для выбора проектных параметров разрабатываемой дробилки, обеспечивающей требуемое качество дробленого продукта.

#### Литература

1. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. – Мн.: ДизайнПРО, 1997. – 640 с.
2. Алабужев П.М. и др. Теории подобия и размерностей. Моделирование. М.: Высшая школа, 1968. - 205 с.
3. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисления характеристик гранулометрического состава. М.: Metallurgizdat, 1959. - 437 с.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Гос. издательство физико-математической литературы, 1958. - 464 с.
5. Ржевский В.В., Новак Г.Я. Основы физики горных пород. М.: Недра, 1984. - 360 с.
6. Денисов Д.Г. Моделирование процесса измельчения в дробилках ударного действия. -Журнал «Вестник ИГЭУ», Вып. 2, 2006 г. , с.1-4.
7. Качанов Л. М. Основы механики разрушения. — М.: Наука, 1974. — 312 с.
8. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М. «Колос» 1967 212 с.