

**МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ГРОХОЧЕНИЯ Е.А. НЕПОМНЯЩЕГО –  
ОСНОВА СТОХАСТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РАЗДЕЛЕНИЯ**

**Букин С. Л.**, проф. каф. ОПИ, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ»,

**Курский А. В.**, студент группы ОПИ-14 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

E-mail: s.bukin08@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрена стохастическая теория грохочения, предложенная Е.А. Непомнящим. Модель позволяет учесть многообразные факторы, влияющие на эффективность процесса грохочения.

**Ключевые слова:** грохочение, стохастическая теория, факторы, эффективность.

**Annotation.** In the article consider stochastic screening theory proposed by E.A. Nepomnyashchy. The model allows taking into account the diverse factors affecting the efficiency of the screening process.

**Keywords:** screening, stochastic theory, factors, efficiency.

Процесс разделения сыпучих материалов по крупности на ситовых просеивающих поверхностях объединяет три этапа, протекающих во времени одновременно:

- доставка зёрен проходовой фракции на контакт с ситом за счет сегрегации и диффузионного перемешивания;
- прохождение зёрен проходовой фракции через ячейки сита;
- перемещение слоя надрешётного продукта по ситы грохота к зоне разгрузки.

К настоящему времени определились два основных направления математического описания процесса грохочения:

- детерминистская модель, рассматривающая условия перемещения отдельных зерен материала по ситы грохота и прохождения их через отверстия сита;

- стохастическая модель, представляющая процесс классификации как массовый процесс с вероятностным характером движения частиц под действием гравитационных, инерционных и других сил.

Детерминистское направление позволяет учесть влияние отдельных факторов на результат процесса классификации в завершающей фазе грохочения – прохождение зерен материала через ячейки сита, а также их виброперемещение по ситы грохота. Кроме того, простыми и доступными методами можно оценить влияние сил, вызывающих движение отдельных частиц.

Стохастическая модель в отличие от детерминистской раскрывает закономерности движения совокупности зерен материала.

Поэтому теоретическую интерпретацию процесса грохочения производят на основе сочетания и взаимного дополнения различных моделей, как первого, так и второго научных направлений.

В ряде работ [1, 2] рассмотрена задача определения вероятности прохождения отдельных зёрен материала через ячейки просеивающих поверхностей разных типов. Установлена взаимосвязь вероятности прохождения зёрен материала с конструктивными и динамическими параметрами виброгрохота. Отмечено, что на вероятность прохождения в наибольшей степени влияют:

- конструктивные параметры грохота: конструкция просеивающей поверхности, ее длина и угол наклона к горизонту, граничная крупность разделения;

- динамические параметры работы виброгрохота: амплитуда и частота колебаний просеивающей поверхности или отдельных ее элементов, размеры зерен материала, их соотношения с размерами ячейки сита.

Анализ исследований детерминистских моделей показал, что изучение элементарного акта грохочения и процесса вибротранспортирования материальной частицы весьма полезно для понимания процесса и установления его качественных зависимостей. Однако, распространение выводов, полученных на их основе, на всю массу грохотимого материала едва ли допустимо, т.к. сложность процесса и его зависимость от многочисленных факторов и условий не позволяют создать на этой основе модель, адекватную реальному процессу. На практике грохочение и перемещение материала осуществляются в виде слоя среды, и зависят не только от заданного режима движения рабочего органа, но и от физических свойств материала, выполняемой технологической операции и т.д.

Стохастическая теория грохочения, предложенная Е.А. Непомнящим, позволяет учесть многообразные факторы, влияющие на эффективность процесса грохочения.

Считая движение частиц проходовой фракции в среде крупных зерен к просеивающей поверхности, совершающей колебания, одномерным марковским процессом, Е.А. Непомнящий для математического описания процесса грохочения воспользовался дифференциальным уравнение Колмогорова-Фоккера-Планка [3]:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{1}{2} b \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + c \frac{\partial w}{\partial z},$$

где  $w$  - плотность распределения вероятности изменения положения частиц проходовой фракции;

$b$  - параметр, являющийся мерой хаотического движения проходовой фракции и имеющий смысл коэффициента диффузии;

$c$  - параметр, являющийся мерой упорядоченного движения частиц проходовой фракции и имеющий смысл коэффициента сегрегации;

$z$  - положение частиц в слое материала, отсчитываемого от поверхности сита грохота;

$t$  - время процесса грохочения.

Исследуя решение уравнения вынужденной диффузии Е.А. Непомнящий получил выражение для определения извлечения проходовой фракции, зависящее от двух коэффициентов – сегрегации  $c$  и диффузии  $b$ .

В случае равномерного начального распределения частиц проходовой фракции по высоте слоя материала, перемещения их к поверхности сита преимущественно за счет диффузионного перемешивания и затрудненного просеивания, выражение для определения извлечения частиц примет вид [4]

$$\varepsilon = 1 - a(\tilde{h}) \exp\left(-\frac{\rho(\tilde{h})^2}{4H^2} t\right),$$

где  $a(\tilde{h})$  - безразмерный коэффициент, зависящий от начального распределения частиц в слое;

$\rho(\tilde{h})$  - первый корень уравнения  $\rho(\operatorname{tg} \rho) = 2\tilde{h}$ ;

$H$  и  $\tilde{h}$  - безразмерные параметры процесса грохочения:

$$H = \frac{h}{\sqrt{2bt}} = \frac{Q}{3,6B\gamma\sqrt{2BLv_{cp}}}, \quad \tilde{h} = \frac{kh}{b} = \frac{kQ}{3,6bB\gamma v_{cp}}.$$

Эта зависимость позволяет связать результаты процесса грохочения с производительностью грохота по исходному питанию  $Q$  или начальной толщиной слоя материала  $h$ , длиной  $L$  и шириной  $B$  просеивающей поверхности, плотностью материала  $\gamma$  и средней скоростью перемещения материала по ситам грохота  $v_{cp}$ .

В совершенствовании стохастической теории грохочения важное место занимает проблема определения стохастических коэффициентов. Одной из методик является их определение на основании тестовых исследований процесса грохочения, например, по результатам двух опытов с разной продолжительностью вибрационной обработки [5].

Развитие стохастической теории грохочения получили в моделях, предложенных Л.А. Вайсбергом и Д.Г. Рубисовым [6], а также В.П. Надутым и Е.С. Лапшиным [7-9].

### **Литература:**

1. Олевский, В.А. Плоские грохоты с круговыми движениями / В.А. Олевский. – Москва: Металлургиздат, 1953. – 259 с.
2. Андреев, С.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых, 3 изд. / С.Е. Андреев, В.А. Перов, В.В. Зверевич. - Москва: Недра, 1980. – 415 с.
3. Непомнящий, Е.А. К теории процесса грохочения / Е.А. Непомнящий // Обогащение руд. – 1960. – №5. – С. 23-33.
4. Непомнящий, Е.А. Математическое описание процесса грохочения с учетом конечной толщины зернового слоя и затруднительного просеивания / Е.А. Непомнящий // Науч. тр. ВНИИАШ. – Ленинград: Машиностроение. – 1966. – №2. – С. 47-59.
5. Григорьева, Е.Д. Методика расчета показателей процесса грохочения / Е.Д. Григорьева, Е.А. Непомнящий // Науч. тр. ВНИИАШ. – Ленинград: Машиностроение. – 1971. – №13. – С.38-41.
6. Вайсберг. Л.А. Вибрационное грохочение сыпучих материалов: моделирование процесса и технологический расчёт / Л.А. Вайсберг, Д.Г. Рубисов. – С. Петербург: Механобр, 1994. – 47 с.
7. Надутый, В.П. Вероятностные процессы вибрационной классификации минерального сырья / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин – Киев: Наукова думка, 2005. – 180 с.

8. Надутый, В.П. Кинетика вибрационного грохочения влажного сырья / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин // Вібрації в техніці та технологіях. – 2008. – №2 (51). – С. 25-29.

9. Надутый, В.П. Влияние забивания отверстий просеивающей поверхности на кинетику вибрационного грохочения / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – №4 (56). – С. 107-110.