

**ГРАВИТАЦИОННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ:
ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ****И. А. Серебряник
Д. М. Золотухина***Кандидат технических наук, доцент,
студентка,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет, г. Иркутск, Россия***GRAVITY CLASSIFICATION: FEATURES OF SIMULATION****I. A. Serebryanik
D. M. Zolotuhina***Candidate of Technical Sciences,
assistant professor,
student,
Irkutsk National Research
Technical University, Irkutsk, Russia*

Summary. The article presents the process of simulation of gravity classification. The model of the gravitational classification is made by Markov chains. The article analyzes the role of mathematical modeling processes of mineral processing. The developed mathematical model allows to calculate all the characteristics of gravitational classification, including the relative yield of the collector of fine particles in the product, the curve separation. The developed model allows to overcome the disadvantages of other methods of calculation, which required certain assumptions.

Keywords: classification; gravity classification; Markov chains; simulation; classifier.

Использование математического моделирования, экспериментальных исследований, масштабного перехода на основе теории подобия совершенно необходимо при разработке конструкций классификаторов для новых технологий, требующих, например, высокодисперсных продуктов, порошков со специфическими физико-химическими свойствами и т. д. Особую роль играют математические модели процессов классификации при проектировании сложных технологических схем с рециклами, включающих классификаторы [5, с. 5]. В этом случае гранулометрический состав материала, на входе в классификатор заранее неизвестен, более того, на него влияют характеристики процесса разделения, определяющие массу и состав рециркулирующего потока. Конечным этапом математического моделирования процесса классификации является

построение кривой разделения, которая показывает зависимость доли фракции, выносимой в целевой (мелкий) продукт, от ее размера.

Для построения модели классификации обычно использовались аналитические решения дисперсионного уравнения [4]. Основным недостатком такого подхода является то, что для получения решения уравнения необходимо делать некоторые допущения. Эти допущения в итоге не позволяют проследить работу всех факторов, влияющих на процесс. Одним из таких факторов является концентрация материала в классификаторе [2]. Использование метода Марковских цепей для моделирования процесса классификации позволит избежать некорректности при учете факторов, влияющих на процесс классификации.

С помощью аппарата Марковских цепей будет предложена модель,



учитывающая влияние концентрации твердой фазы на характеристики процесса классификации.

Представим вертикальный гравитационный классификатор в виде ячеечной модели (рисунок).

Рабочая зона гравитационного классификатора разделена на m секций длиной Δx . Первая из секций ($j = 1$) расположена сверху, а последняя ($j = m$) – внизу аппарата. Модель ограничена коллекторами продукта (f – мелкий продукт; c – крупный продукт), которые являются поглощающими ячейками (виртуальные адсорберы), т. е. частицы, попадая в них, не могут возвратиться в рабочую зону.

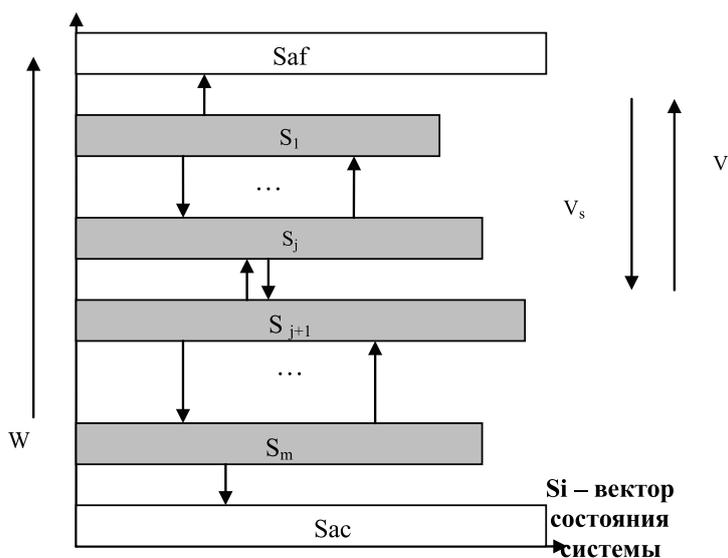
Исходный измельчаемый продукт подается в одну или несколько проме-

жуточных ячеек аппарата. Текущее состояние системы описывается вектор-столбцом состояния:

$$S = \begin{pmatrix} S_{af} \\ S_1 \\ \dots \\ S_j \\ S_{j+1} \\ \dots \\ S_m \\ S_{ac} \end{pmatrix},$$

где S_j – вероятность j -го состояния, пропорциональная концентрации частиц в ячейке.

Номер ячейки



Ячеечная модель классификатора и вектор состояния системы:

\bar{W} – скорость газа; \bar{V}_s – скорость витания частицы;

\bar{V} – скорость движения частицы

Промежуток времени перехода из одного состояния в другое выбирается таким, что за этот переход частицы могут переместиться только в соседнюю

ячейку. Вероятности этих переходов образуют матрицу переходных вероятностей для классификатора, состоящего из 12-ти ступеней:



$$P_{ij} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_{32} & P_{33} & P_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{43} & P_{44} & P_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{54} & P_{55} & P_{56} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{65} & P_{66} & P_{67} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{76} & P_{77} & P_{78} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{87} & P_{88} & P_{89} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{98} & P_{99} & P_{910} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{109} & P_{1010} & P_{1011} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{1110} & P_{1111} & P_{1112} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где p_{ij} – вероятность остаться в ячейке; p_{j+1j} – вероятность перейти в следующую ячейку; p_{j-1j} – вероятность перейти в предыдущую ячейку.

Эволюция состояния системы описывается матричным равенством:

$$S^{k+1} = P(S^k + S_0^k), \quad (2)$$

где k – номер состояния системы, пропорциональный времени; S_0^k – вектор подачи исходного материала (его масса, поступающая в классификатор на каждом переходе); P – матрица классификации, она представляет собой трехдиагональную матрицу размером $n \times n$, в каждом столбце которой размещены вероятности для материала в данной ячейке перейти назад, остаться и перейти вперед, соответственно.

Первый и последний столбец матрицы P_{ij} , относящиеся к виртуальным адсорберам – нулевые.

Зная матрицу P_{ij} , равенство (2) позволяет рассчитать все характеристики процесса, в том числе относительный выход частиц в коллектор мелкого продукта, то есть кривую разделения. Следовательно, именно построение этой матрицы и является ключевой задачей моделирования [1].

Библиографический список

1. Барский Е., Барский М. Оптимальные скорости потока воздуха в гравитационных процессах разделения и их соотношение со скоростями витания и осаждения частиц // Обогащение руд. – № 2. – 2002.
2. Барский Л. А., Плаксин И. Н. Критерии оптимизации разделительных процессов. – М. : Наука, 1967.
3. Горобец В. И., Елисеева О. К. Исследование процессов измельчения и классификации материалов в газоструйной установке с применением вероятностной математической модели. – Днепропетровск, 1993.
4. Мизонов В. Е., Ушаков С. Г. Аэродинамическая классификация порошков. – М. : Химия, 1989.
5. Степочкин Б. Ф. Определение скорости витания частиц произвольной формы // Теплоэнергетика. – № 5. – 1960.

Bibliograficheskiy spisok

1. Barskiy E., Barskiy M. Optimalnyie skorosti potoka vozduha v gravitatsionnyih protsessah razdeleniya i ih sootnoshenie so skorostyami vitaniya i osazhdeniya chastits // Obogaschenie rud. – № 2. – 2002.
2. Barskiy L. A., Plaksin I. N. Kriterii optimizatsii razdelitelnyih protsessov. – М. : Nauka, 1967.
3. Gorobets V. I., Eliseeva O. K. Issledovanie protsessov izmelcheniya i klassifikatsii materialov v gazostruynoy ustanovke s primeneniem veroyatnostnoy matematicheskoy modeli. – Dnepropetrovsk, 1993.
4. Mizonov V. E., Ushakov S. G. Aerodinamicheskaya klassifikatsiya poroshkov. – М. : Himiya, 1989.
5. Stepochkin B. F. Opredelenie skorosti vitaniya chastits proizvolnoy formy // Teploenergetika. – № 5. – 1960.

© Серебряник И. А., Золотухина Д. М., 2015