

УДК 622.776

**И.К. МЛАДЕЦКИЙ**, д-р техн. наук,

**Я.Г. КУВАЕВ**, канд. техн. наук, **М.И. ЗАШЛЮК**

(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

## УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ВЫХОДА КОНЦЕНТРАТА ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Обогащение полезных ископаемых всегда оперирует случайными величинами, поэтому в случае необходимости замены множества значений этой величины единственным значением – математическим ожиданием – принимают значение равное математическому ожиданию. А если оценивают возможные отклонения, то определяют и дисперсию. Чаще всего оперируют математическим ожиданием, но оценивают его как среднее значение.

Одной из таких задач является планирование объемов отработки забоев карьера для формирования рудопотока на обогатительную фабрику с заданными обогатительными признаками. Например, предполагается отработка трех забоев, у которых свои обогатительные признаки. Оценивая средневзвешенные их значения, путем дальнейшего моделирования определяют ожидаемое качество концентрата. Все вычисления проводятся путем линейных пропорций. Однако, преобразование исходного сырья в концентрат заданного качества происходит через ряд процессов, в которых прямая пропорциональность нарушается и в результате перемешивание рудных разновидностей не приводит к желаемому результату. Рассмотрим этот процесс путем численного моделирования одностадийного обогащения отдельных рудных разновидностей и шихты, составленной из этих же разновидностей.

Последовательность моделирования следующая.

Задаются значениями обогатительных признаков: вкрапление  $d_{BK}$ ; содержание ценного минерала  $\alpha_M$  и измельчаемостью, которое представляем средней крупностью помола  $\bar{d}$ .

Для этого необходимо иметь функции распределения этих величин которые некоторым образом распределены между минимальными и максимальными значениями. Для каждого добычного предприятия это свои значения. Затем генерируя случайные числа, равномерно распределенные в интервале 0-1 преобразуем их в значения требуемых величин (метод Монте-Карло).

Рассчитываются показатели раскрытия, на основании которых строится функция распределения сростков, которые получают при измельчении до  $\bar{d}$ .

Для чего определяются содержания открытых фаз:

– содержания открытых рудных зерен [1]:

$$P_{PЗ} = \alpha_{II} \cdot \sum_{d=0}^{d_{BK}} \left( 1 - \frac{d_i}{d_{BK}} \right) \cdot \Delta F(d_i);$$

– содержание открытых нерудных зерен:

$$P_{HЗ} = (1 - \alpha_{II}) \cdot \sum_{d=0}^{r_{BK}} \left( 1 - \frac{d_i}{r_{BK}} \right) \cdot \Delta F(d_i).$$

$$r_{BK} = d_{BK} \cdot \left( \sqrt[3]{\frac{0,65}{\alpha_{II}}} - 1 \right)$$

Здесь:

$$\Delta F(d) = \exp\left(\frac{d_i}{d}\right) - \exp\left(\frac{d_{i+1}}{d}\right)$$

Содержания сrostков определяются как:

$$P_{PC} = \alpha_{II} - P_{PЗ}$$

$$P_{HC} = 1 - \alpha_{II} - P_{HЗ}$$

Содержания узких фракций определяются на основании аппроксимации вышеприведенных зависимостей отрезками прямых:

$$F_{HC}(\alpha) = P_{HЗ} \cdot \frac{\alpha_{II} - \alpha}{\alpha_{II}} + \alpha \cdot \frac{1 - \alpha_{II}}{\alpha_{II}} \quad \text{при } 0 < \alpha < \alpha_{II}$$

$$F_{PC}(\alpha) = 1 - \alpha_{II} + P_{PC} \cdot \frac{\alpha - \alpha_{II}}{1 - \alpha_{II}} \quad \text{при } \alpha_{II} < \alpha < 1$$

Задаемся некоторой сепарационной характеристикой  $P(\alpha)$ , разделительного процесса и определяем качественные и количественные показатели разделения:

– ВЫХОДЫ

$$\gamma = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=1} P(\alpha_i) \cdot \Delta F(\alpha_i)$$

$$1 - \gamma = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=1} (1 - P(\alpha_i)) \cdot \Delta F(\alpha_i);$$

– качественные показатели

$$\beta = \frac{1}{\gamma} \cdot \sum_{\alpha=0}^{\alpha=1} \alpha_i \cdot P(\alpha_i) \cdot \Delta F(\alpha_i)$$

$$\nu = \frac{1}{1-\gamma} \cdot \sum_{\alpha=0}^{\alpha=1} \alpha_i \cdot (1-P(\alpha_i)) \cdot \Delta F(\alpha_i),$$

где  $\Delta F(\alpha_i) = F(\alpha_i) - F(\alpha_{i-1})$

На этом цикл моделирования заканчивается.

Повторяем действия по такому циклу достаточное количество раз (10-15).

Усредняем исходные показатели свойств рудных разновидностей и в соответствии с ними проводим цикл моделирования. Находим показатели разделения шихты.

Выполнив достаточное количество циклов моделирования, определяем среднее значение выхода концентрата, полученного отдельно из каждой разновидности –  $\bar{\gamma}$ . И его качество  $\bar{\beta}$ .

После чего усреднив обогатительные признаки и выполняя цикл моделирования с этими средними определим выход концентрата  $\bar{\gamma}$  того же качества.

Неоднократное моделирование показало, что всегда выполняется неравенство

$$\bar{\gamma} > \gamma.$$

И оно тем больше, чем больше разница между значениями обогатительных признаков. Например, когда функции распределения показателей несущественно отличаются друг от друга, то при  $\bar{\beta} = 0,635$  было получено  $\bar{\gamma} = 0,4$  и  $\gamma = 0,38$ .

### *Вывод*

Когда технологические связи между показателями обогащения являются нелинейными, то моделирование будет корректным в случае усреднения конечных показателей, результатов многократного моделирования. Иными словами, метод Монте-Карло остается пока единственным корректным способом решения технологических задач обогащения полезных ископаемых.

1. Младецкий И.К. Синтез технологий обогащения полезных ископаемых. – Д.: НГУ, 2006. – 154 с.

© Младецкий И.К., Куваев Я.Г., Зашлюк М.И., 2017

*Надійшла до редколегії 12.11.2017 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*