Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.LXVIII, вып. 1, 1975 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСРЕДНЕНИЯ ФОСФОРНОГО СЫРЬЯ ПЕРЕД ОБОГАЩЕНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ КОМБИНАТА "КАРАТАУ")

А.Д.Школьников, Е.И.Азбель, А.П.Панчишкин

Стабилизация качественного состава перерабатываемого минерального сырья, как правило, существенно повышает технико-экономические показатели протекания основных технологических процессов и облегчает условия внедрения средств автоматики и вычислительной техники для их управления.

На обогатительной фабрике рудника "Молодежный" комбината "Каратау" в 1972 и 1973 гг. проводились промышленные эксперименты по оценке эффективности усреднения фосфорного сырья, обогащаемого флотационными методами. В период проведения экспериментов на бункерах обогатительной фабрики усреднялась сильно карбонатная мелочь месторождения Чулактау с помощью автоматической системы управления разгрузкой бункеров в режиме усреднения, разработанной на кафедре АСУ Ленинградского горного института. Среднесменные содержания P_2O_5, MgO и CO_2 не отличались существенно от плановых показателей качественного состава.

Усреднительный режим работы бункеров испытывался на различных мельницах фабрики. Бункеры загружались последовательно вертикальными столбами. Разгрузка руды производилась автоматической системой из восьми-девяти питателей, причем системой обеспечивался режим циклического включения и отключения отдельных питателей. Формируемый автоматической системой разгрузки поток руды поступал на мельницу.

Введем следующие обозначения: $X_i(t)$ – содержание компонента X в потоке руды, поступающем в i-й питатель; $Y(t)$ и $Z(t)$ – содержание компонента X соответственно в выходном потоке из бункера и в потоке пульпы на выходе мельницы; $K_{x_i}(\tau)$ – корреляционная функция процесса $X_i(t)$; T – время заполнения бункера рудой; θ – вре-

ия включения одного питателя в цикле; n – число питателей; $K_z(\tau)$ – корреляционная функция случайного процесса $Z(t)$; $K_{x_i x_j}(\tau)$ – взаимная корреляционная функция процессов $X_i(t)$ и $X_j(t)$ при $i \neq j$; $T_м$ – постоянная времени мельницы.

Мельница может рассматриваться как идеальное усредняющее устройство, работа которого описывается дифференциальным уравнением

$$T_м Z'(t) + Z(t) = Y(t) . \qquad (1)$$

При $T_0 \leq T_м$, где $T_0 = n\theta$ – длительность цикла подключения питателей, корреляционная функция $K_z(\tau)$ имеет вид

$$K_z(\tau) = \frac{1}{n^2}\left\{\sum_{i=1}^{n} K_{x_i}(\tau) + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{n}\sum_{j=1}^{n} K_{x_i x_j}(\tau)\right\} . \qquad (2)$$

Из полученного соотношения следует: при циклическом алгоритме управления работой питателей с достаточно высокой частотой переключения ($T_0 \leq T_м$) обеспечивается усреднение, эквивалентное одновременному выпуску руды из всех питателей [X].

Таким образом, мельница играет роль фильтра по отношению к высокочастотным колебаниям качественного состава потока руды, появление которых обусловлено циклической работой питателей. В частности, при последовательной столбовой загрузке бункера общим потоком руды, в котором $X(t)$ – содержание компонента X, а $K_x(\tau)$ – соответствующая корреляционная функция, для $K_z(\tau)$ справедливо выражение[XX]

$$K_z(\tau) = \frac{1}{n^2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left[1 - F\left(\frac{|\tau|}{T}\right)\right]K_x\left[\operatorname{sign}(\tau)E\left(\frac{|\tau|}{T}\right)\frac{n-1}{n}T + (j-i)\frac{T}{n}\right] + \right.$$

$$\left. + F\left(\frac{|\tau|}{T}\right)K_x\left[\operatorname{sign}(\tau)\left(E\left(\frac{|\tau|}{T}\right)+1\right)\frac{n-1}{n}T + (j-i)\frac{T}{n} + \frac{\tau}{n}\right]\right\} , \qquad (3)$$

где $F(x)$ и $E(x)$ – соответственно дробная и целая части числа x.

При $\tau = 0$ из формулы (3) получаем соотношение для расчета дисперсии

$$D(z) = \frac{1}{n^2}\left[2\sum_{k=0}^{n-1}(n-k)K_x\left(k\frac{T}{n}\right) - nK_x(0)\right] . \qquad (4)$$

Чтобы получить сравнительные характеристики колебаний содержания компонентов качественного состава руды при усредняющем режиме и при отсутствии усреднения, проводились опробования слива классификатора через каждые 10 мин как в экспериментальные, так и в контрольные смены (без усреднения). В качестве оценки колебаний содержания различных компонентов в потоке руды был принят коэффициент вариации

[X] См.: Е.И.Азбель. Усреднение руды при челноковом режиме загрузки бункера. – В сб.: Новые исследования в цветной металлургии и обогащении. Изд.ЛГИ, 1969.

[XX] См.: Е.И.Азбель. Математическая модель процесса усреднения руды при ступенчатой загрузке бункера. – В сб.: Системы и средства автоматического управления. Киев, изд. Ин-та автоматики, 1970.

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}}, \qquad (5)$$

где

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X})^2} \ ;$$

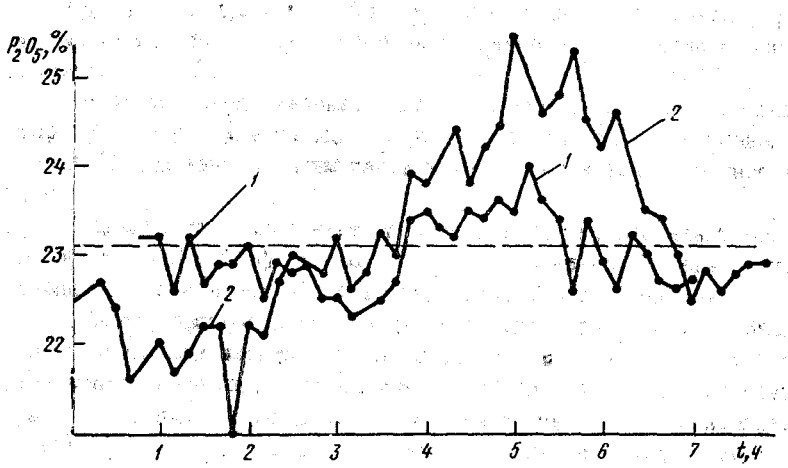
x_i – содержание компонента X в разовых пробах в течение одной смены; n – число проб, взятых за смену; $\bar{X}$ – среднее содержание компонента X за смену,

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \ .$$

Для оценки эффективности усреднения с точки зрения стабилизации качественного состава были найдены значения коэффициентов вариации для контрольных смен $V_к$ и для групп смен, в которых проводили усреднение $V_у$. Затем были определены средние значения этих величин $\bar{V}_к$ и $\bar{V}_у$ для указанных групп смен. Эффект усреднения оценивался коэффициентом усреднения

$$K = \frac{\bar{V}_у}{\bar{V}_к} \ . \qquad (6)$$

При проведении эксперимента коэффициент K оказался равным 0,43, что свидетельствует о достаточно высокой эффективности исследуемой системы усреднения. Это иллюстрируют также представленные на рисунке совмещенные графики колебаний содержания P_2O_5 в типовых контрольной и экспериментальной сменах ($V_у$ = 0,018; $V_к$ = 0,047; K = 0,38).



Характер колебаний качественного состава руды
1 и 2 – соответственно усредненная и неусредненная руда

Полученное значение коэффициента усреднения K хорошо согласуется с теоретической оценкой эффективности усреднения данной схемы, выполненной с помощью методов корреляционного анализа случайных процессов по формуле (4).

Для выявления влияния работы системы на технико-экономические показатели процесса флотации в экспериментальные и контрольные смены отбирались каждый час следующие пробы, характеризующие: 1) слив классификатора; 2) питание карбонатной флотации; 3) хвосты карбонатной флотации; 4) шламовый концентрат; 5) камерный продукт карбонатной флотации; 6) питание песковой флотации; 7) питание контрольной флотации; 8) контрольный концентрат; 9) фосфатные хвосты. Расчеты показали, что содержание P_2O_5 в хвостах значительно уменьшилось, в результате чего приращение извлечения за период проведения экспериментов по сравнению с контрольными сменами составило 7-10%.

Данные экспресс-анализов, показания соответствующих контрольно-измерительных приборов, а также ход процесса флотации свидетельствовали о том, что стабилизация качественного состава фосфорных руд позволяла в начале смены подобрать оптимальный реагентный режим флотации и поддерживать его в течение всей смены.

Таким образом, при флотационных методах обогащения фосфорных руд путем усреднения руды в бункерах фабрики можно существенно стабилизировать колебания качественного состава перерабатываемого потока руды и в результате значительно повысить извлечение P_2O_5 в концентрат. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения системы стабилизации качественного состава рудной мелочи на комбинате "Каратау" составит около 350 тыс. руб. в год.