

**И.В.Новицкий, д-р техн. наук**

(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

## СПОСОБ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ БАРАБАННЫМИ МЕЛЬНИЦАМИ САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУД

Известно, что экстремальные поисковые системы применяются в условиях неполной априорной информации об объекте управления. Причем, эффективность способа экстремального управления определяется количеством этой априорной информации. Поэтому при реализации поисковой системы целесообразно использовать максимум сведений об объекте, полученных в результате теоретических или экспериментальных исследований.

В работах [1, 2] показано, что производительность барабанной мельницы самоизмельчения по вновь образованному готовому продукту может быть увеличена за счет возбуждения колебаний внутримельничной нагрузки, возникающих при вращении барабана. Интенсивность колебаний определяется степенью заполнения барабана и может быть измерена с помощью датчиков. Установлено, что зависимость интенсивности колебаний  $A$  от степени заполнения барабана рудой  $Y$  имеет колоколообразную форму и структурно описывается кривой Гаусса:

$$A = \frac{C}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(Y-M)^2}{2\delta^2}}, \quad (1)$$

где  $C$ ,  $\delta$ ,  $M$  – параметры, зависящие от свойства руды и конструктивных особенностей оборудования. Степень заполнения  $Y$  легко регулируется путем изменения потока исходной руды в мельницу. Цель управления – поддерживать такую степень заполнения  $Y^*$ , чтобы интенсивность колебаний  $A$  была бы максимальной. Поскольку значения  $C$ ,  $\delta$ ,  $M$  зависят от свойств руды и, следовательно, меняются, то экстремальная характеристика  $A(Y)$  дрейфует. Поэтому целесообразно использование автоматической поисковой системы. Значительная инерционность объекта по каналу «поток исходной руды – степень заполнения барабана» определяет применение шаговой поисковой процедуры.

Допустим, в результате трех последовательных поисковых шагов получены три пары значений параметра  $Y$  и критерия оптимизации  $A$ , т.е.  $(Y_i, A_i)$   $i = \overline{1,3}$ . Используя эти данные, составим систему уравнений:

$$A_i = \frac{C}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(Y_i-M)^2}{2\delta^2}}, \quad i = \overline{1,3}. \quad (2)$$

Разделив первое уравнение системы (2) на второе и третье, получим сис-

тему двух уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1/A_2 = e^{\frac{(Y_2-M)^2 - (Y_1-M)^2}{2\delta^2}} ; \\ A_2/A_3 = e^{\frac{(Y_3-M)^2 - (Y_2-M)^2}{2\delta^2}} \end{array} \right.$$

или после логарифмирования

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\ln(A_1/A_2)}{2\delta^2} = (Y_2 - M)^2 - (Y_1 - M)^2 ; \\ \frac{\ln(A_2/A_3)}{2\delta^2} = (Y_3 - M)^2 - (Y_2 - M)^2. \end{array} \right. \quad (3)$$

Исключим из системы (3) параметр  $\delta$ , разделив первое уравнение на второе:

$$\frac{\ln(A_1/A_2)}{\ln(A_2/A_3)} = \frac{Y_2^2 - 2Y_2M - Y_1^2 + 2Y_1M}{Y_3^2 - 2Y_3M - Y_2^2 + 2Y_2M}.$$

Последнее уравнение легко разрешается относительно  $M$  и определяет точку оптимума по параметру оптимизации  $Y$ :

$$Y^* = M = \frac{\ln(A_1/A_2)(Y_3^2 - Y_2^2) - \ln(A_2/A_3)(Y_2^2 - Y_1^2)}{\ln(A_2/A_3)(2Y_1 - 2Y_2) - \ln(A_1/A_2)(2Y_2 - 2Y_3)}. \quad (4)$$

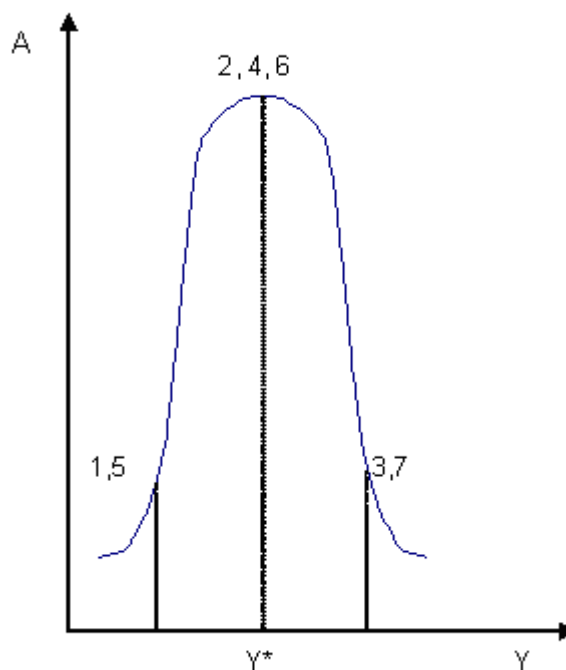
Таким образом, в поисковом алгоритме необходимо предусмотреть расчет точки оптимума в соответствии с выражением (4) по трем последовательным парам считанных значений  $\{Y_i, A_i\}$ .

Такой способ экстремального управления является более эффективным по сравнению с известными поисковыми алгоритмами, так как основан на априорной информации о структуре экстремальной кривой (2). Для оценки сравнительной эффективности способа следует проанализировать два этапа экстремального управления.

1. Этап выхода в область экстремума. Диапазон дрейфа экстремальной характеристики для барабанных мельниц составляет ...% степени заполнения. Для такого диапазона погрешность аппроксимации согласно выражению (4) составит около 0,5% заполнения (т.е. для выхода в область

экстремума потребуется три шага). С другой стороны, применение известного метода «золотого сечения» позволит сократить начальный интервала неопределенности по  $Y$  (10%) в 20 раз (до 0,5%) за 6 шагов.

2. Этап удержания экстремума. Поисковый алгоритм, основанный на аппроксимации через два шага на третий, по выражению (4), обеспечивает оптимальное расположение рабочих точек на экстремальной характеристике с точки зрения потерь. Схематично такое оптимальное расположение точек 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7... показано на рисунке.



Оптимальное расположение рабочих точек на статистической характеристике

Любое другое расположение последовательных рабочих точек шагового алгоритма будет характеризоваться большими потерями.

Способ экстремального управления, основанный на аппроксимации статистической характеристики, применен при разработке системы экстремального управления барабанными мельницами самоизмельчения руд на обогатительных фабриках Кривбасса [3].

### Список литературы

1. Марюта А.Н., Новицкий И.В., Колесниченко С.В. Диагностика оптимальных технологических режимов барабанных мельниц самоизмельчения//Обогащение полезных ископаемых.: Респ. науч.- техн. сб. – 1983. – №32.-с.31-35.
2. А.с.1648563 СССР, МКИ В02С 25/00. Способ управления барабанными мельницами / И.В.Новицкий, В.Б. Григорьев, Бульба и др.// Открытия. Изобретения. – 1987. – №7. – С.38-40.
3. Система автоматического управления рудногалечными мельницами / И.В.Новицкий, В.Б. Григорьев, В.И.Бульба и др. // Горн. журн.. – 1990. – №5. – С.50-51.