

МНОЖЕСТВЕННЫЙ КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ НА ЭЦВМ ОСНОВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФЛОТОПРОЦЕССА

В. И. Салыга

Харьков

Флотация — процесс сложный ввиду наличия большого числа контролируемых и неконтролируемых возмущающих воздействий, носящих случайный характер [1, 2].

Систему уравнений связей основных параметров объекта можно представить в виде

$$\{V(t)\} = \varphi_0[\{X(t-\tau)\}, \{q(t-\tau)\}],$$

где X , q , V — соответственно входные, управляющие и выходные переменные;

τ — величина запаздывания по соответствующему каналу.

Для определения сложных функций многих переменных были использованы методы множественной корреляции [4].

Основным условием применимости этого метода при определении статических характеристик динамических систем является стационарность исследуемых процессов. Кроме того, исходные данные необходимо координировать во времени. Наименьшая ошибка при определении уравнения регрессии соответствует такому значению временного сдвига между входным и выходным параметрами, при котором взаимокорреляционная функция по соответствующему каналу достигает своего максимума [3, 4].

Большое значение для теории и практики флотации имеют количественные зависимости выходных показателей процесса флотации — зольности концентрата A_K^c и хвостов $A_{хв}^c$ от совместного влияния следующих основных факторов: плотности δ и расхода Q_n пульпы, расхода реагентов Q_p , зольности исходного шлама A_n^c ситового $C_{1,2}$ и фракционного Φ составов [1, 2]:

$$\begin{aligned}\tilde{A}_K^c &= \varphi_1(\delta, Q_n, Q_p, A_n^c, C_1, \Phi); \\ \tilde{A}_{хв}^c &= \varphi_2(\delta, Q_n, Q_p, A_n^c, C_2, \Phi).\end{aligned}\tag{2}$$

Искомые зависимости могут быть аппроксимированы гиперплоскостями n -го порядка. Аппроксимирующей функцией является уравнение линейной регрессии от 6 переменных

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_6x_6.\tag{3}$$

Уравнения множественной корреляции были получены путем обработки данных промышленной флотации, собранных в марте 1966 г. на Суходольской ЦОФ. Все основные вычисления произведены на ЭЦВМ «Урал-2».

Корреляционный анализ позволил обнаружить существенно положительную зависимость между зольностью концентрата и следующими факторами: расходом пульпы ($r = 0,71$), расходом реагентов ($r = 0,487$), плотностью пульпы ($r = 0,367$), зольностью исходного шлама ($r = 0,327$) и ситовым составом ($r = 0,365$). Не вполне достоверной оказалась зависимость зольности концентрата от фракционного состава шлама.

Достоверность связи проверяется критерием надежности коэффициента корреляции

$$\mu = \frac{|r|}{\sigma_r}, \quad \text{где } \sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}.$$

Если $\mu \geq 2,6$, то связь между величинами считается достоверной.

В результате исследования установлена также существенно положительная связь между зольностью хвостов и такими факторами как плотность пульпы ($r = 0,960$) и расход реагентов ($r = 0,840$), существенно отрицательная связь — с расходом пульпы ($r = -0,762$). Остальные коэффициенты корреляции статистически не достоверны.

Существенно положительная связь обнаружена между плотностью пульпы и расходом реагентов ($r = 0,839$) и отрицательная зависимость — между расходом пульпы и ее плотностью ($r = -0,750$), расходом пульпы и расходом реагентов ($r = -0,370$).

Таким образом, в условиях значительной взаимной коррелированности параметров процесса полученные уравнения множественной регрессии позволят освободиться от искажающего влияния сопутствующих факторов и обеспечит искомые зависимости в «чистом» виде.

Уравнения множественной корреляции для зольности концентрата и хвостов в стандартизованном масштабе имеют соответственно следующий вид:

$$\bar{t}_k = 0,599 t_1 + 0,563 t_2 + 0,254 t_3 + 0,407 t_4 + 0,356 t_5 + 0,022 t_6; \quad (4)$$

$$\bar{t}_{хв} = 0,404 t_1 - 0,282 t_2 + 0,411 t_3 + 0,073 t_4 - 0,079 t_5 - 0,206 t_6. \quad (5)$$

Анализ зависимостей (4) и (5) позволяет правильно оценить значимость факторов, влияющих на показатели процесса, и выбрать наиболее эффективные каналы управления процессом (расход реагентов и плотность пульпы). Кроме того существует объективная необходимость уменьшить вариации таких параметров как расход пульпы и ситовой состав исходного шлама.

Для целей прогнозирования и практического использования зависимости (4) и (5) должны быть выражены в натуральном масштабе (2). Чтобы получить аналитическое выражение аппроксимирующей функции в первоначальных координатах, были пересчитаны постоянные коэффициенты [4]. Уравнения множественной регрессии в натуральном масштабе для зольности концентрата и хвостов получены в следующем виде:

$$\begin{aligned} \bar{A}_k^c = & 5,697 + 0,0054 \delta + 0,0118 Q_n + 0,258 Q_p + 0,023 A_n^c + \\ & + 0,0037 C_1 + 0,00037 \Phi; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \bar{A}_{хв}^c = & 65,99 + 0,0345 \delta - 0,0385 Q_n + 2,7 Q_p + 0,027 A_n^c - \\ & - 0,0146 C_2 - 0,023 \Phi. \end{aligned} \quad (7)$$

Оценить полноту связи исследуемых функций с независимыми переменными (2) можно с помощью совокупного коэффициента множественной корреляции

$$R_{1, 2, \dots, 6} = \sqrt{b_1 r_{y1} + b_2 r_{y2} + b_3 r_{y3} + \dots + b_6 r_{y6}}.$$

Зависимости (6) и (7) могут быть использованы для расчета и прогнозирования результативного признака (A_c , $A_{хв}^c$) по значениям факториальных, позволяющих персоналу фабрики корректировать процесс и приблизить его к оптимальному режиму.

Оптимальные значения выходных показателей можно получить дискретным моделированием найденных зависимостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Классен. Флотация углей. Госгортехиздат, 1963.
 2. Д. С. Емельянов. Основы флотации каменных углей. Изд-во Харьковского университета, 1958.
 3. Н. А. Лившиц, В. Н. Пугачев. Вероятностный анализ систем автоматического управления. Изд-во «Советское радио», 1963.
 4. В. М. Ордынцев. Математическое описание объектов автоматизации, «Машиностроение», 1965.
-