

УДК 622.765.4

Олег Килымник

Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Oleg Kilymnik

EXPERIMENTAL STUDY OF COAL FLOTATION SLUDGE AS AN OBJECT OF AUTOMATIC CONTROL

Обогащение методом флотации угольных шламов по сравнению с обогащением более крупных классов угля является наиболее сложным и дорогостоящим процессом. От качества разделения в этом процессе зависят не только качество продуктов обогащения, но и степень загрязнения окружающей среды. С отходами обогащения в илонакопители поступает частицы угля, содержащие множество химических элементов, в том числе и химические соединения тяжелых металлов, а также реагенты, посредством которых осуществляется процесс разделения исходного шлама на породу и уголь.

Эффективность этого процесса зависит от качества управления, что невозможно без использования средств автоматики. Существующие системы автоматического управления не могут реализовать имеющиеся резервы. С целью разработки метода автоматического управления этим процессом на основе экспериментальных данных идентифицированы динамические свойства этого процесса и определены характеристики возмущающих воздействий.

Задачами исследований является определение векторов управляющих и возмущающих воздействий, вероятностных характеристик возмущений, а также вектора состояния объекта управления. В качестве управляющих воздействий приняты расходы реагентов. Для этого выполнены экспериментальные исследования, в результате которых получена математическая модель процесса в виде уравнений регрессии:

$$\Delta A_k^d = a_0 + a_1 \Delta Q_u + a_2 \Delta \rho_u + a_3 \Delta G_u + a_4 \Delta Q_c + a_5 \Delta Q_n + a_6 \Delta A_u^d; \quad (1)$$

$$\Delta A_o^d = a'_0 + a'_1 \Delta Q_u + a'_2 \Delta \rho_u + a'_3 \Delta G_u + a'_4 \Delta Q_c + a'_5 \Delta Q_n + a'_6 \Delta A_u^d, \quad (2)$$

где a_i, a'_i — константы; $Q_u, \rho_u, G_u, Q_c, Q_n, A_u^d$ — соответственно расход исходной пульпы и её плотность, нагрузка по твёрдой фазе, расход реагента собирателя и пенообразователя, зольность твёрдой фазы исходной пульпы; Δ — символ приращения соответствующего параметра.

В связи с нестационарными параметрами процессов, зависящих от множества неконтролируемых воздействий, в уравнениях (1, 2) все коэффициенты являются нестационарными.

Передаточная функция процесса флотации аппроксимирована звеном второго порядка с чистым запаздыванием с переменными коэффициентами:

$$W(s) = \frac{K(t) \exp(-\tau_\zeta s)}{T_1^2(t) s^2 + T_2(t) s + 1}, \quad (3)$$

где $K(t)$ — переменный коэффициент передачи, зависящий от характеристик входных воздействий, исходного сырья, технологических и конструктивных особенностей оборудования; τ_ζ — время чистого запаздывания информации о качестве обогащённого угля, зависящее от технологии сушки, транспортных средств перемещения и др. Для конкретной технологической схемы это время можно принимать постоянной величиной; s — оператор

$T_1(t), T_2(t)$ — постоянные времени, зависящие от производительности и конструктивных параметров оборудования.

В зависимости от конкретных условий указанные параметры изменяются в весьма широких пределах. Например, для разных флотомашин время переходных процессов составляет 7-15 минут, а время чистого запаздывания — 15-45 минут и более. Приведенные особенности процесса флотации при управлении зольностью концентрата обуславливают необходимость поиска нетрадиционных методов синтеза.

По экспериментальным данным определены вероятностные характеристики основных параметров процесса. По данным экспериментов определены автокорреляционные функции, спектральные плотности и распределение вероятностей. Автокорреляционные функции достаточно точно аппроксимируются аналитическими выражениями вида:

$$r_{xx}(\tau) = \sum_{k=1}^N a_k \exp(-\beta_k(\tau)) \left[\cos \omega_k \tau + \frac{\beta_k}{\omega_k} \sin \omega_k |\tau| \right] \quad (4)$$

Анализ показал, что наибольшее влияние на технологический процесс оказывают низкие частоты, а для высоких частот объект является фильтром.

Частотный спектр шума объекта определен методом Винера-Хинчина:

$$G(\omega) = 2 \int_0^{\infty} r_{xx}(\tau) \cos(\omega \tau) d\tau, \quad (5)$$

дискретным аналогом которой является выражение

$$G_{xx}(\omega) = \frac{T}{2\pi N} R_{xx}(0) + \frac{T}{\pi N} \sum_{m=1}^{\infty} R_{xx}\left(\frac{T}{N}m\right) \cos \omega \frac{T}{N}m \quad (6)$$

Анализ графиков спектральных плотностей (см. рис.4,5) показывает, что наиболее интенсивный шум зольности концентрата имеет место на частоте 0,16 1/мин и менее интенсивный — на частотах 0,7– 0,16 1/мин.

Наибольшая интенсивность шума плотности пульпы тоже находится в том же частотном диапазоне, что свидетельствует о том, что объект управления пропускает их без существенного сглаживания. Высокочастотные составляющие обусловлены шумами измерений соответствующих параметров. Они имеют весьма низкую интенсивность и сравнительно постоянный спектр, поэтому при синтезе САУ можно рассматривать как белый шум.

Гистограммы распределений плотности вероятностей аппроксимированы с использованием искусственной нейронной сети (ИНС) на основе радиальных базисных функций (RBF-сеть)

Анализ полученных законов распределений показывает, что имеет место три существенных максимума, что свидетельствует о том, что они представляют математические смеси распределений вероятностей.