

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СГУЩЕНИЯ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИИ

Папушин Ю.Л., к.т.н., доц., Самойлов А.И., к.т.н., доц.,
Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены принципы автоматического управления работой радиальных сгустителей хвостов флотации. Исследованы свойства возмущающих воздействий на объект как случайных функций и определены их параметры. Предложена комбинированная система стабилизации плотности слива объекта с компенсацией возможных возмущений.

The principles of self-control of work of radial thickeners flotation tailings are reviewed. The properties of disturbing affectings on the object as random functions are studied and their arguments are determined. The combined system of stabilizing of gravity of draining of the object with compensation of possible perturbations is proposed.

Эффективность процесса сгущения отходов угольной флотации предопределяет чистоту слива сгустительных аппаратов, используемого в качестве оборотной воды, и, в конечном итоге, качественно-количественные показатели всего обогатительного производства.

Существующая технология сгущения шламов и тонкозернистых отходов флотации предусматривает использование дорогостоящих флокулянтов, повышающих скорость осаждения твердой фазы в сгустителе и обеспечивающих требуемую предельную плотность слива (или высоту осветленного слоя). В этой связи, разработка эффективных систем автоматического дозирования флокулянтов является актуальной задачей в углеобогащении.

Выполним анализ возможных способов регулирования плотности слива радиального сгустителя, применяемого на ряде обогатительных фабрик для сгущения отходов флотации.

На рисунке 1 представлена традиционная обобщающая структурная схема автоматической стабилизации плотности слива сгустителя "по отклонению".

Здесь входным параметром объекта принят расход флокулянта, выходным – плотность слива сгустителя. Основными возмущениями

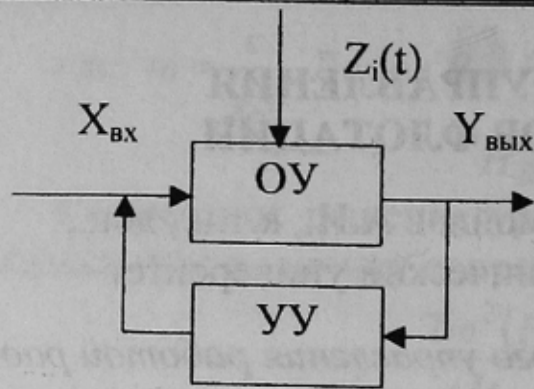


Рисунок 1 – Структурная схема автоматического регулирования плотности слива радиального сгустителя: ОУ – объект управления; УУ – управляющее устройство; $X_{\text{вх}}$, $Y_{\text{вых}}$ – входной и выходной параметры соответственно; $Z_i(t)$ – возмущающие воздействия.

на процесс являются нагрузка на объект по твердому продукту и гранулометрический состав твердой фазы питания сгустителя.

Радиальный сгуститель, как объект управления, можно представить в виде сепарационного аппарата с распределенными параметрами, обладающим существенной инерционностью и транспортным запаздыванием. Передаточная функция данного объекта, полученная на основании обработки экспериментальной кривой разгона, с достаточной точностью представляется выражением:

$$W(p) = \frac{K e^{-p\tau}}{Tp + 1}, \quad (1)$$

где K – коэффициент передачи по каналу расход флокулянта ($q_{\text{ф}}$) – плотность слива (г/л); τ и T – транспортное запаздывание и постоянная времени объекта, соответственно.

При использовании в технологии осветления хвостов флотации эффективных флокулянтов "Магнафлок" и регламентной нагрузке на радиальный сгуститель получены численные значения постоянных выражения (1): $K = 8.6$ (г/л)/ $q_{\text{ф}}$; $\tau = 28$ мин; $T = 34.5$ мин.

С целью разработки исходных данных для проектирования системы управления радиальным сгустителем исследовались свойства основных возмущающих воздействий. Как отмечено выше, к ним относятся нагрузка на объект по твердому продукту и его гранулометрический состав. С учетом обеспечения стабильной объемной нагрузки первое возмущение представляется содержанием твердого в питании. Второе возмущение связано с существующей зависимостью требуемого расхода флокулянта от содержания тонких классов отходов в питании ($d < 44$ мкм).

Известно, что указанные технологические факторы в ограниченном временном интервале (6 – 8 часов) допустимо отнести к эргодичной случайной стационарной функции, кроме периода запуска и

остановки фабрики. Это дает основание определять параметры распределения по одной продолжительной реализации [1].

На рисунке 2 представлены корреляционные функции действующих на объект возмущений, полученные путем математической обработки экспериментально снятых реализаций продолжительностью 360 мин.

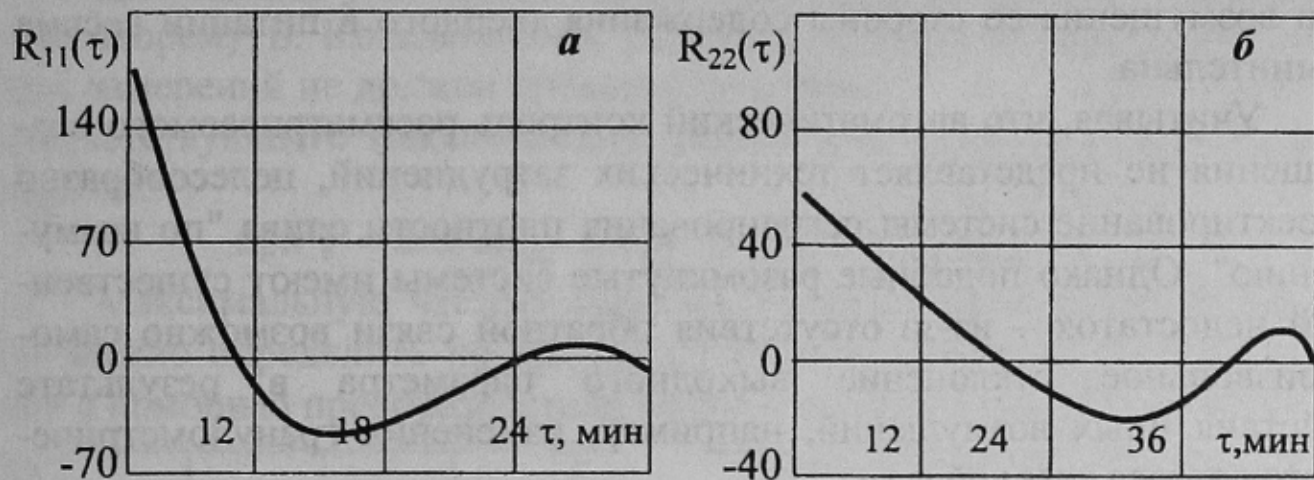


Рисунок 2 – Корреляционные функции возмущений: а - содержание твердого в питании; б – содержание класса < 44 мкм

Представленные графики с достаточной точностью аппроксимируются выражением (в общем виде):

$$R_{xx}(\tau) = S^2 \cdot e^{-\alpha\tau} \cdot \cos \beta\tau, \quad (2)$$

где S^2 – среднеквадратическое отклонение соответствующего параметра; α и β - постоянные.

С учетом повышенной точности аппроксимации кривых в пределах 0 – 36 мин получены математические представления автокорреляционных функций исследуемых параметров:

$$R_{11}(\tau) = 170 \cdot e^{-0.05\tau} \cos \frac{\pi}{24} \tau \quad (3)$$

$$R_{22}(\tau) = 60 \cdot e^{-0.02\tau} \cos \frac{\pi}{36} \tau \quad (4)$$

Вид полученных распределений показывает, что возмущающее воздействие на объект со стороны содержания твердого в питании является более опасным, чем по каналу содержания тонких классов. Об этом свидетельствует более быстрое затухание функции R_{11} и наличие относительно мощной гармонической составляющей. Данное обстоятельство может оказать существенное влияние на качество регулирования. Известно, что система регулирования "по отклонению"

практически нереализуема, если она содержит звено с запаздыванием $\tau_o \Sigma l / \alpha$ [2]. Для первого канала возмущения $\alpha_1 = 0.05$, что определяет допустимое значение запаздывания объекта $\tau_{don} = 20$ мин., фактически радиальный сгуститель характеризуется запаздыванием $\tau_o = 28$ мин. Следовательно, практическая реализация системы стабилизации плотности слива радиального сгустителя по "отклонению" при наличии возмущения со стороны содержания твердого в питании весьма сомнительна.

Учитывая, что автоматический контроль рассматриваемого возмущения не представляет технических затруднений, целесообразно проектирование системы регулирования плотности слива "по возмущению". Однако подобные разомкнутые системы имеют существенный недостаток – из-за отсутствия обратной связи возможно самопроизвольное отклонение выходного параметра в результате действия иных возмущений, например, изменения гранулометрического состава твердой фазы.

Данная задача может быть решена путем использования второго канала управления плотностью слива – расхода сгущенного продукта сгустителя. Передаточная функция объекта по данному каналу представляется последовательно включенными инерционным звеном первого порядка и звеном транспортного запаздывания с $\tau_o = 12$ мин., что обеспечивает работоспособность системы, т.к. при $\alpha_2 = 0.02$ (следует из (4)) $\tau_{don} = 50$ мин. С учетом сказанного предлагается комбинированная система управления, представленная на рисунке 3.

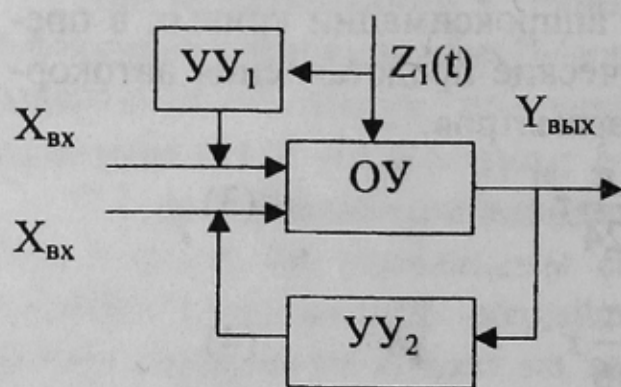


Рисунок 3 – Структурная схема комбинированной системы регулирования плотности слива радиального сгустителя:

OU – объект управления; УУ₁ – управляющее устройство "по возмущению"; УУ₂ – управляющее устройство "по отклонению"; X_{вх1},

X_{вх2} – входные каналы (расход флокулянта и разгрузка сгущенного соответственно); Y_{вых} – выходной параметр (плотность слива); Z₁(t) – возмущающее воздействие (плотность питания).

В предложенной схеме не предусмотрена компенсация второго возможного возмущающего воздействия со стороны гранулометрического состава питания. Реализация подобной схемы компенсации за-

труднена отсутствием работоспособных непрерывно действующих гранулометров. Для проектирования дискретных гранулометров необходимо обоснование интервала квантования случайной функции, в данном случае – содержание в питании класса крупностью < 44 мкм.

Для оценки указанного параметра можно использовать известную теорему Б. Котельникова, согласно которой интервал дискретных измерений не должен превосходить четверти периода колебаний, соответствующего максимальной частоте спектра разложения функции, т.е.:

$$\text{при } T = 2\pi / \omega_{\max} \text{ следует } \Delta T_{\text{из}} = \pi / 2\omega_{\max} \quad (5)$$

Максимальную частоту гармонической составляющей функции (4) можно определить по кривой спектральной плотности, полученной с помощью преобразователя Фурье и представленной на рис. 4.

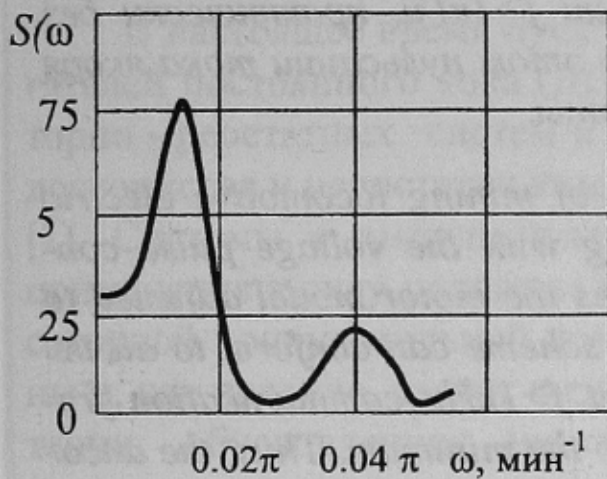


Рисунок 4 – Кривая спектральной плотности содержания класса < 44 мкм

Анализ спектральной плотности свидетельствует, что исследуемая функция содержит относительно мощную гармоническую составляющую с круговой частотой $\omega_1 = 0.016 \pi \text{ мин}^{-1}$ и менее существенную с частотой $\omega_2 = 0.04 \pi \text{ мин}^{-1}$. Последняя высокочастотная гармоника и определяет максимальный интервал дискретного измерения в выражении (5). Следует: $\Delta T_{\text{из}} = \pi / 0.08 = 12.5 \text{ мин}$.

Разработка работоспособного дискретного автоматического гранулометра с найденным интервалом измерения позволит усовершенствовать схему управления (рис. 3) путем введения корректирующего контура компенсации второго по значимости возмущающего воздействия. При этом представится возможным осуществить частичную инвариантность регулируемой величины относительно возмущений.

Список источников.

1. Олейников В.А., Тихонов О.Н. Автоматическое управление технологическими процессами в обогатительной промышленности. - М.: Недра, 1966. - 245 с.
2. Козин В.З., Троп А.Е., Комаров А.Я. Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках. - М.: Недра, 1980. - 336 с.