Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LXII, вып. 1, 1972 г.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ ФЛОТАЦИИ

В. И. Златкин, А. Н. Маковский

Использование локальных систем автоматического управления процессом флотации будет эффективным лишь при научно обоснованных схемах и принципах, разработанных для конкретного технологического режима и оборудования. Глубокое изучение влияния различных факторов на технологические характеристики процесса совершенно необходимо. Желательно наличие достаточного количества легко управляемых факторов, оказывающих всестороннее влияние на технологические показатели процесса. К числу таких факторов относятся расходы реагентов, количество поступающей на флотацию пульпы, уровень пульпы в камерах флотомашин, pH пульпы и ее температура.

Анализ внешних воздействий и управляющих параметров процесса флотации 16-й секции АНОФ-2 комбината «Апатит» позволяет высказать некоторые соображения относительно возможных вариантов структуры локальной системы автоматического управления процессом флотации, учитывающей в упрощенной форме критерий эффективности $dy_r = \sum_{t=1}^{k} A_t dx_r^t$.*

Уже простейшие расчеты показывают, что безусловно выгодно увеличивать расход на реагенты до тех пор, пока каждый последующий процент технологического извлечения получается за счет приращения расхода реагентов на 5% или менее по стоимости.** При этом себестоимость 1 *т* концентрата по комбинату (т. е. с рудой) уменьшится или, в крайнем случае, останется на прежнем уровне. Даже в последнем, худшем случае прибыль комбината возрастет на долю, численно равную относительному приросту извлечения.***

Таким образом, локальная система автоматизации должна, кроме стабилизации режимов, обеспечивать увеличение подачи реагентов и воздуха, пока это ведет к существенному увеличению извлечения. Другими

---

* Златкин В. И., Маковский А. Н. О критериях эффективности, принимаемых при автоматизации флотации. См. настоящий сборник.

**По ориентировочному расчету для условий АНОФ-2 и работе машин Апатит-10 (для машин Апатит-30 данные по себестоимости авторам неизвестны).

*** Если комбинат работает рентабельно.

словами, желательно иметь экстремальную систему автоматического регулирования, обеспечивающую максимум функции

$$Z = 5\Delta\varepsilon\,(a_1,\ a_2,\ \ldots\ ,\ a_n;\ b_1,\ b_2,\ \ldots\ ,\ b_m) - \sum_{i=1}^{n} c_i a_i \qquad (1)$$

при учете ограничения, накладываемого на качество концентрата.

В выражении (1) приняты обозначения: a_1, ..., a_n — расходы реагентов и воздуха; b_1, ..., b_m — внешние возмущающие факторы; $\Delta\varepsilon(a_1..., a_n; b_1..., b_m)$ — приращение извлечения как функция управляющих параметров a_i и возмущающих факторов b_i; c_i — цена i-того реагента (воздуха).

Сформулированная задача

$$\begin{gathered} Z \longrightarrow \max \\ a_i \\ i = \{\ 1,\ \ldots\ ,\ n\ \} \end{gathered} \qquad (2)$$

типична для экстремального регулирования. Ее можно решить по одной из предлагаемых систем.

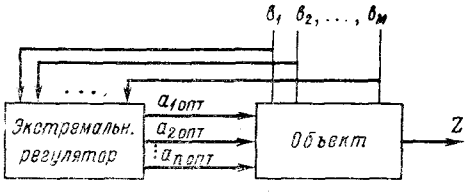
I. Поисковый экстремальный регулятор. Типы: 1) скоростной, 2) позиционный.

II. Беспоисковый экстремальный регулятор. Типы: 1) разомкнутый, 2) дифференциальный, 3) комбинированный (разомкнуто-замкнутый).

В качестве корректора обратной связи можно использовать либо один из методов пассивного экстремента (корреляционный, регрессивный), либо распознающие системы.

Работа поисковых экстремальных регуляторов основана на периодическом «пробном» изменении управляющих величин с последующим сравнением результатов проб. Это означает, что поиск изнашивает оборудование и «лихорадит» работу объекта. Несмотря на то, что поисковые системы разрабатываются уже в технике последних двадцати лет, они, встречая серьезные возражения технологов, слабо внедряются в промышленность.

Не вдаваясь в подробности описания принципов работы и сравнительной оценки беспоисковых систем, выделим как наиболее простые первые два типа.



Экстремальный регулятор разомкнутого типа

Экстремальный регулятор разомкнутого типа (см. рисунок) реализует зависимости

$$\begin{gathered} a_{1\,opt} = f_1\,(b_1,\ \ldots,\ b_m) \\ a_{2opt} = f_2\,(b_1,\ \ldots,\ b_m) \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a\,(n_{opt} = f_n\,b_1,\ \ldots,\ b_m). \end{gathered}$$

Для реализации такого регулятора необходимо возможно более полное описание объекта управления (например, в виде уравнений регрессии). Собственно экстремальный регулятор должен получать информацию от датчиков, измеряющих возмущающие воздействия и преобразовывать ее согласно уравнениям регрессии в требуемые для реализации (2) значения управляющих параметров

$$a_1 = a_{1opt}, \ \ldots, \ a_n = a_{nopt}.$$

Кроме экстремального регулятора в схеме, естественно, должны присутствовать обычные односвязные системы автоматического регулирования для стабилизации управляющих воздействий на задаваемом экстремальным регулятором уровне.

Предельным случаем рассматриваемой системы является обычная система автоматического регулирования a_i, ..., a_n и их соотношений, с правильно подобранной коррекцией по возмущениям

$$b_1, \ \ldots, \ b_m.$$

Точность работы системы (в смысле близости к максимуму показателя Z) обусловлена точностью априорной информации о характеристиках объекта и интенсивностью неконтролируемых возмущающих воздействий (помех). Погрешности в работе системы экстремального регулирования описанного типа не корректируются, поскольку не замеряется величина Z.

Дифференциальный беспоисковый экстремальный регулятор можно использовать лишь в тех редких на практике случаях, когда критерий эффективности Z можно одновременно измерять в нескольких точках, т. е. при разных комбинациях a_1, ..., a_n, но при одинаковых возмущениях b_1, ..., b_m.

Путем сравнения

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z(a_1', \ \ldots, \ a_n'); \\ Z_2 &= Z(a_1'', \ \ldots, \ a_n'); \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots \\ Z_k &= Z(a_1^k, \ \ldots, \ a_n^k) \qquad\qquad \min k = 2 \end{aligned}$$

можно в любой момент времени выбрать направление измерения управляющих воздействий, т. е. направление движения соответствующих исполнительных механизмов.

Ясно, что такой принцип нереализуем при автоматизации одной секции. Однако при автоматизации нескольких секций, поставленных в одинаковые условия по питанию и намеренно, но мало отличающиеся условия по реагентным режимам и аэрации (a_i' — для 1-й секции, a_i^k — для k-й секции), одновременный замер Z_1, ..., Z_k окажется возможным. Направление изменения управляющих параметров для всех секций будет определено, как направление в сторону режима, для которого

$$Z_i = \max$$

$$i = \{1, \ \ldots, \ k\}.$$

При изменении режимов всех без исключения секций установленный вначале постоянный сдвиг реагентных режимов должен сохраняться. При достижении экстремума, который имеет, очевидно, характер

вершины некоторой поверхности, точки, характеризующие работу секций, расположатся вокруг вершины и в непосредственной близости от пика.

Таким образом будет получено, что

$$Z_1 = Z_2 = \ldots = Z_k \approx Z_{\max}.$$

Конечно, при реализации этого принципа, как и ранее, необходимо оснастить объекты управления обычными системами автоматического регулирования, работающими в режиме отработки заданий экстремального регулятора.