

УДК 669.536.22

Д.Н. Дюнова, А.Л. Рутковский

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Предложен метод идентификации, позволяющий на основе ограниченного объема регулярно пополняющейся информации оперативно осуществлять идентификацию моделей технологических объектов, прогнозирование их выходных показателей и непрерывный поиск оптимальных режимов при управлении.

Ключевые слова: метод идентификации, ограниченный объем информации, математическая модель

D.N. Dronova, A.L. Rutkovskiy THE IDENTIFICATION OF THE TECHNOLOGICAL UNITS BASED ON THE SHORT TERM FORECAST

The identification method allowing to identify the technological objects models, to predict their output factors and to find the optimal control regimes basing on the limited bulk of the regular information was suggested.

Key words: identification method, limited information bulk, mathematical model.

Проблема управления технологическими процессами производственных комплексов цветной металлургии в условиях неопределенности обуславливает применение в системах оптимального управления принципов адаптации. Классическим подходом при синтезе систем оптимального управления является принцип разделения, основу которого составляет последовательное решение задач изучения объекта управления и определения оптимальных управляющих воздействий [1]. В соответствии с этим структура оптимальной адаптивной системы должна включать подсистему идентификации и подсистему собственно оптимального управления [2].

Целью функционирования системы идентификации является установление структуры и параметров математической модели по наблюдаемым данным и имеющейся априорной информации об объекте для выработки системой управления оптимальных управляющих воздействий. Накопленный опыт в области моделирования металлургических процессов свидетельствует об отсутствии единой методологии структурной идентификации и формализованных процедур априорного выбора структуры моделей объектов управления. Исследование принципов управления гидрOMETаллургическими процессами указывает на тенденцию применения регрессионных уравнений, структура которых задается эвристически на стадии предварительных исследований объектов, а коэффициенты определяются в режиме реального времени функционирования объекта. Структура полиномиальных зависимостей в большинстве случаев не соответствует реальной структуре модели объекта, что приводит к погрешностям при определении оптимальных управляющих воздействий и необходимости

частого проведения адаптации модели. Кроме того, регрессионные уравнения мало информативны и справедливы лишь для производственных диапазонов изменения параметров конкретных объектов. Вследствие этого, при построении математического описания объекта уравнения взаимосвязи параметров объекта должны иметь иную структуру, например, характеризующую физико-химические закономерности и представления о процессе [3]. Уравнения аналитических моделей выражают фундаментальные теоретические положения, характеризуются обширной областью применения, параметры имеют определенную физическую трактовку и могут быть определены расчетным путем.

Традиционно построение математического описания объекта предшествует решению задачи выбора управляющих воздействий, поэтому математическая модель должна отражать его текущее состояние. Однако инерционность технологических объектов, дрейф их характеристик, запаздывание при передаче управляющих воздействий приводят к тому, что значения параметров модели определяются на основе принятых ранее действий по управлению и информации, полученной в предшествующие моменты времени. Во избежание «старения» математического описания необходимо прогнозировать будущее поведение объекта на основе математической модели, соответствующей моменту управления и отражающей текущее состояние объекта управления. В связи с этим целесообразным, а в ряде случаев и единственным возможным, является адаптивный подход получения оценки параметров нестационарных объектов, практическую реализацию которого рассмотрим применительно к процессу выщелачивания цинковых огарков.

Математическое описание процесса выщелачивания, основу которого составляют уравнения кинетики и материальных балансов, представлено в работе [4]. Модель характеризует влияние степени использования серной кислоты на извлечение ценных компонентов огарка в каскаде непрерывно функционирующих реакторов:

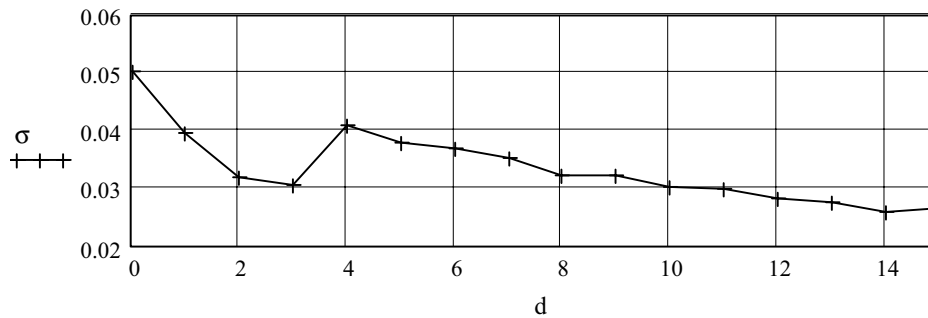
$$H_{1N} = 1 - \beta b \int_0^{\tau_0} w(C_{H_2SO_4}^T) d\Phi(\tau) dt, \quad (1)$$

где $w(C_{H_2SO_4}^T)$ - функция превращения вещества; $\Phi(\tau)$ - дифференциальная функция распределения вещества; τ_0 - натуральное время полного или условно полного завершения реакции; b - коэффициент, определяемый временем полного или условно полного завершения реакции.

Информация об извлечении цинка и других ценных компонентах огарка формируется путем лабораторных анализов. Поэтому множество наблюдений выходного параметра процесса выщелачивания можно рассматривать как стохастический дискретный временной ряд. Основным средством его анализа и прогноза значений является выражение (1). По причине нестационарности процесса значение коэффициента β изменяется во времени.

Идентификация математической модели производилась с использованием пакета MathCAD 11. Исходными данными являются текущие значения концентрации серной кислоты $C_{H_2SO_4}^T$ и извлечения цинка H_0 , полученные в условиях выщелачивательного цеха ОАО «Электроцинк».

Функция для определения оптимального значения коэффициента β , минимизирующего сумму квадратов отклонений экспериментальных и модельных значений извлечения, имеет вид:



Зависимость остаточной дисперсии от объема информационного массива

$$F(\beta) = \sum_i (H_{oi} - H1_{N_i})^2 \quad (2)$$

Решение задачи идентификации коэффициента β выполнялось путем применения вычислительного блока *Given – Minerr*. Оценка коэффициента, начиная с четырех точек, при добавлении в каждом такте одной новой точки из массива рассчитывалась для каждого из двадцати имеющихся значений.

Точность оценки выходной переменной характеризуется величиной остаточной дисперсии, зависимость которой от объема информации представлена на рисунке. Исследования показали, что зависимость остаточной дисперсии от изменения объема массива позволяет выбирать необходимый объем информации, приближающий принятую структуру модели к экспериментальным данным с наименьшей погрешностью.

Анализ полученной зависимости говорит о важности «преемственности» данных. В процессе управления необходимо знать, не как меняется процесс в среднем, а как будет развиваться его тенденция, существующая в данный момент. Устаревшая информация при идентификации модели оказывается бесполезной: с течением времени она теряет свою ценность. Поэтому идентификацию

целесообразно осуществлять, опираясь на малое количество «свежих» данных.

Согласно рисунку, по мере накопления информации остаточная дисперсия уменьшается, а затем, начиная с третьего такта, возрастает. Следовательно, если поступающая информация теряет свою ценность с увеличением тактов, а старая информация теряет свою ценность в результате конечной памяти объекта, то, очевидно, существует оптимальный объем информации, при котором старая и новая информация обладают максимальной ценностью. Это позволяет для оценки нестационарного коэффициента модели использовать ограниченный объем информационного массива, который с наименьшей погрешностью приближает принятую структуру модели к экспериментальным данным. В этом случае на определенном интервале времени, когда остаточная дисперсия минимальна, характеристику объекта можно считать линейной, а коэффициенты математической модели – постоянными.

При практической оценке точности прогнозирования объекта, определяемой требованиями технологических регламентов и принципами сбора информации, достаточно надежные результаты дает критерий:

$$|H_{0i} - H_{mi}| \leq \varepsilon, \quad (3)$$

где ε – требуемая точность прогноза выходной переменной, H_{mi} – рассчитанное по модели значение выходной переменной.

Предложенный подход позволяет в режиме реального времени осуществ-

лять на основе оптимального объема регулярно пополняющейся информации идентификацию математической модели технологических объектов, прогнозировать их развитие и осуществлять непрерывный поиск оптимальных режимов при управлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ицкович Э.Л., Соркин Л.Р. Статическая оптимизация непрерывного производства: постановка задачи, решение и реализация. – Автоматика и телемеханика № 3, 1988, с 3-25.

2. Салихов З.Г., Арунянц Г.Г., Рутковский А.Л. Системы оптимального управления сложными технологическими объектами. М.: Теплоэнергетик, 2004. – 495 с.

3. Погорелый А.Д. Выбор структуры уравнения регрессии при изучении процессов гидрометаллургии. – Известия ВУЗов. Цветная металлургия №6, 1987, с. 27-34.

4. Дюнова Д.Н. Математическая модель процесса выщелачивания цинковых огарков. – Горный информац.-аналит. бюллетень №5, М., МГУ, 2009, с. 41-43. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Дюнова Д.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теория и автоматизация металлургических процессов и печей», Dunova_dn@mail.ru

Рутковский А.Л. – профессор кафедры теории и автоматизации металлургических процессов и печей, доктор технических наук, E-mail: Rutkowski@mail.ru

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ			
САПОЖНИКОВ Станислав Игоревич	Информационная технология поддержки принятия решений для оптимизации технико-экономических показателей взрывных работ	05.13.01	к.т.н.