

УДК 658.014

© И.В. Новицкий, Ю.А.Шевченко

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ОБОГАЩЕНИЯ РУД

Описано універсальний метод ідентифікації параметрів лінійної динамічної частини об'єкта і непараметричної ідентифікації різноманітних нелінійних характеристик об'єкта управління.

Описан универсальный метод идентификации параметров линейной динамической части объекта и непараметрической идентификации различных нелинейных характеристик объекта управления.

Universal method of identifying the parameters of the linear dynamic part of the object and the nonparameters identification the different nonlinear characteristics of the control object is described.

*Формулировка проблемы.* Применение современных систем автоматического управления процессами сокращения крупности материала в дробилках и мельницах является необходимым условием эффективности подготовительных процессов перед обогащением [1].

Однако решение задачи автоматизации подготовительных процессов усложняет тот факт, что объекты управления являются существенно нелинейными и нестационарными. Основными факторами, вызывающими дрейф параметров объектов, являются изменение свойств исходного питания и износ рабочего органа размольного оборудования.

Указанные возмущающие воздействия меняются во времени достаточно медленно по сравнению со скоростью переходных процессов в объектах управления, что обуславливает целесообразность применения адаптивного управления процессами дробления и измельчения.

С учетом развития современных средств переработки информации, технологическая реализация определенного алгоритма управления при известном математическом описании объекта управления, не вызывает трудностей, а эффективность адаптивного управления в основном будет определяться скоростью отбора информации, необходимой для построения адаптивной модели объекта. Современное дробильное и размольное оборудование обогатительных фабрик как объекта управления имеют несколько управляющих воздействий и, следовательно, может описываться моделями различной структуры, в составе которых, как правило, присутствует нелинейный элемент.

Эта особенность определяет требования к разрабатываемому методу идентификации:

- универсальность, предполагающая минимальное количество априорной информации об объекте;
- возможность реализации непараметрической идентификации различных нелинейных характеристик объекта;
- относительно небольшое время отбора информации, необходимой для построения адекватной модели.

Следует отметить, что сформулированные требования, являются взаимнопротиворечивыми и известные универсальные методы непараметрической идентификации (например, предполагающие построение кусочных моделей, нейронных сетей [2]) требуют значительного времени для отбора информации, обеспечивающей приемлемую точность. Указанное и определяет сложность решаемой задачи.

*Постановка задачи исследования.* Пусть объект управления по определенному каналу (например, барабанная мельница самоизмельчения по каналу «скорость полотна питателя – средняя активная мощность приводного двигателя») представлен последовательным соединением (рис.1).

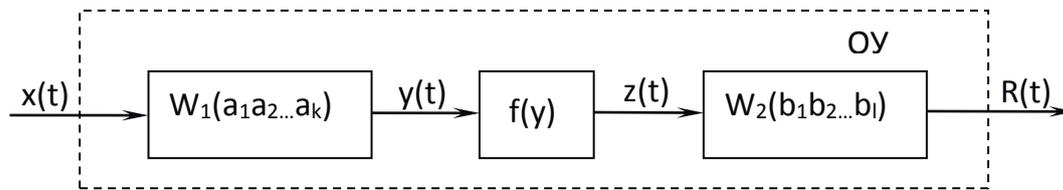


Рис. 1. Структурная схема объекта управления

Здесь:  $W_1(a_1a_2...a_k)$  - линейное инерционное звено, отражающее инерционные свойства объекта и исполнительного механизма;  $f(y)$  - нелинейное безинерционное звено;  $W_2(b_1b_2...b_l)$  - линейное инерционное звено, соответствующее динамическим свойствам объекта, информационного канала и средств сбора информации.

Задача идентификации состоит в определении вида функции  $f(y)$  и значений параметров  $a_1a_2...a_k, b_1b_2...b_l$  линейных звеньев по реализациям процессов  $x(t)$ ,  $R(t)$  на определенном временном интервале  $0 \div T$ .

В такой постановке, задача идентификации нелинейного динамического объекта с минимумом априорной информации, является универсальной, поскольку кроме процессов на входе  $x(t)$  и выходе  $R(t)$  объекта известными являются только порядки линейных частей системы  $k$  и  $l$ .

*Метод решения.* В основе метода лежит следующее очевидное утверждение: между значениями  $y$  и  $z$  должно иметь место взаимнооднозначное соответствие. Определить процессы  $y(t)$  и  $z(t)$  можно путем преобразований  $y(t)=W_1(a_1a_2...a_k) \cdot x(t)$  и  $z(t)=W_2^{-1}(b_1b_2...b_l) \cdot R(t)$  в том случае, если заданы значения параметров  $a_1a_2...a_k, b_1b_2...b_l$ . Степень соответствия значения  $y$  и  $z$  можно оценить по величине корреляционного отношения  $\eta_{yz}$ . Таким образом, задача идентификации сводится к оптимизационной:

$$\eta_{yz} \rightarrow \max_{a_i b_j} \quad i = \overline{1, k} \quad j = \overline{1, l} \quad (1)$$

Требуется определить такие значения параметров инерционных звеньев  $a_i$   $i = \overline{1, k}$  и  $b_j$   $j = \overline{1, l}$ , при которых корреляционное отношение  $\eta_{yz}$  имеет максимальное значение.

Решение задачи (1) может выполнено по следующему алгоритму:

1. Для определенных (заданных) значений параметров  $a_1 a_2 \dots a_k$  выполняется преобразование процесса  $x(t)$  оператором  $W_1$  на интервале  $0 \div T$ :

$$y(t) = W_1(a_1 a_2 \dots a_k) \cdot x(t)$$

2. Для определенных (заданных) значений параметров  $b_1 b_2 \dots b_l$  выполняется обратное преобразование процесса  $R(t)$  оператором  $W_2^{-1}$  на интервале  $0 \div T$ :

$$z(t) = W_2^{-1}(b_1 a b_2 \dots b_l) \cdot R(t)$$

3. Диапазон изменения  $y(t)$   $y_{\min} \div y_{\max}$  разбивается на  $n$  достаточно малых интервалов с шагом  $h = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{n}$ . Обозначим:  $y_j$  - середина  $j$ -го интервала ( $j = \overline{1, n}$ ).

4. Определенный в п.2 процесс  $z(t)$  на интервале  $0 \div T$  представляется в виде дискретных равноотстающих отсчетов  $z_i$   $i = \overline{1, m}$  с шагом квантования по времени  $\Delta t = T/m$ .

5. Полученный массив  $z_i$   $i = \overline{1, m}$  разбивается на  $n$  групп, соответствующих интервалам  $y_j$   $j = \overline{1, n}$ .

6. Для каждой  $j$ -й группы рассчитываются групповая средняя  $\overline{z_j}$  и групповая дисперсия  $D_j$ .

7. Для всего массива  $z_i$  разбитого на  $n$  групп рассчитываются межгрупповая, общая дисперсия и корреляционное отношение  $\eta_{yz}$ .

8. Вычисления п.1-7 повторяются для нового набора значений параметров  $a_1 a_2 \dots a_k, b_1 b_2 \dots b_l$  до тех пор, пока для некоторого оптимального набора их значений  $a_1^* a_2^* \dots a_k^*, b_1^* b_2^* \dots b_l^*$  не будет получено максимальное значение корреляционного отношения  $\eta_{yz}$ .

Оптимальное значение параметров  $a_1^* a_2^* \dots a_k^*, b_1^* b_2^* \dots b_l^*$  обеспечивающие максимум корреляционному отношению являются результатом идентификации. Кроме того, соответствие  $y_j$  и групповых средних  $\overline{z_j}$   $j = \overline{1, n}$  при оптимальном решении является оценкой нелинейной характеристики  $z = f(y)$ .

Процесс поиска по параметрам можно выполнить одним из методов оптимизации (например, методом спуска по координатам), а при малом количестве параметров – методом простого перебора.

В заключение сформулируем требования к процессу на входе объекта  $x(t)$ . Во-первых, необходимо обеспечить его вариабельность во всем рабочем диапазоне  $x(t)$ . Во-вторых, соответствие между значениями  $x$  и  $t$  не должно быть взаимнооднозначным. Другими словами, процесс  $x(t)$  должен содержать повторяющиеся значения  $x$ . В противном случае (например, как на рис. 2а) задача (1) будет иметь множество решений т.к. при любом наборе значений параметров  $a_1 a_2 \dots a_k, b_1 b_2 \dots b_l$  внутригрупповая дисперсия будет близка к нулю, а корреляционное отношение – к единице. В общем же случае (рис. 2б) задача (1) имеет единственное решение.

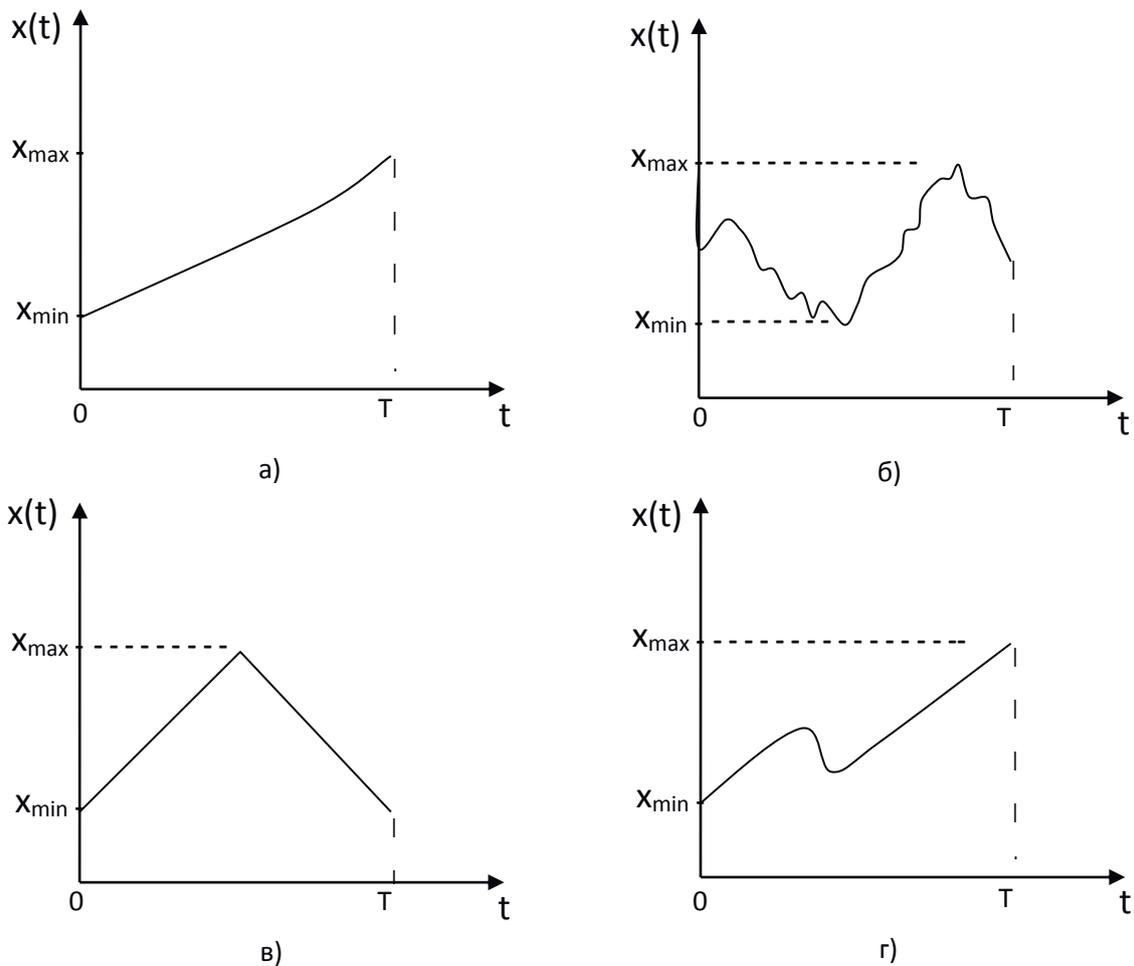


Рис. 2. Возможные варианты входного процесса  $x(t)$

Описанный метод идентификации может быть активизирован, если имеется возможность целенаправленно менять входное воздействие на объект. В этом случае (например, рис. 2в) время, необходимое для идентификации, существенно сокращается. Если же воздействие помех относительно невелико, то

можно еще больше сократить время отбора необходимой информации, задав  $x(t)$  как показано на рис. 2г.

Представленный в статье метод идентификации применен при разработке и внедрении систем управления барабанными рудногалечными мельницами МРГ 55×75 и МГР 40×75 в условиях СевГОКа и ИнГока [3].

*Вывод.* Изложенный в работе метод позволяет выполнить идентификацию параметров линейной динамической части объекта и непараметрическую идентификацию нелинейной статистической характеристики при сравнительно быстром отборе необходимой для этого оперативной информации.

#### Список литературы

1. Автоматизация технологических процессов на горнорудных предприятиях [Текст] : Справочное пособие / Под ред. В.С. Виноградова. - М., Недра, 1984-167с.
2. Введение в идентификацию объектов управления / Л.А. Растринин, Н.Е. Маджаров. – М.: Энергия, 1977 – 216 с.
3. Новицкий И.В. Автоматическая оптимизация процессов самоизмельчения руд в барабанным мельницах [Текст] : Днепропетровск : Системные технологии, 2000 – 195 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Мещеряковим Л.І.  
Надійшла до редакції 27.10.2014*

УДК 620.197.3:621.771:661.63

© Е.В. Власова, В.Л. Коваленко, В.А. Коток

### **ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ НАНЕСЕНИЯ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ТРИПОЛИФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ ПРОМЫВКИ**

Приведены результаты исследований по изучению влияния времени нанесения и интенсивной промывки водой на свойства и структуру химически осажденных на сталь триполифосфатных (ТПФ) покрытий. Построены графические зависимости характеристик физических и химических свойств покрытий с матричной структурой, промытых водой, от времени нанесения. Установлено, что с увеличением времени нанесения в интервале 1 – 10 минут удельная масса матрицы (феррум (III) типолфосфат) и количество гелиеподобного слоя ТПФ Na увеличиваются, дефектность матрицы и количество наполнителя, содержащегося в матрице в виде кристаллов ТПФ Na, уменьшается. Это сопровождается, в целом, увеличением удельной массы, снижением пористости и способствует повышению защитной способности и коррозионной стойкости покрытия в условиях атмосферной коррозии.

Наведено результати досліджень з вивчення впливу часу нанесення й інтенсивного промивання водою на властивості та структуру хімічно нанесених на сталь триполіфосфатних (ТПФ) покриттів. Побудовано графічні залежності характеристик фізичних і хімічних властивостей покриттів з матричною будовою, промитих водою, від часу нанесення. Встановлено, що зі збільшенням часу нанесення в інтервалі 1 – 10 хвилин питома маса матриці (ферум