

УДК 338.242

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Диордиев В.Т., д.т.н., профессор

e-mail: diovlatr@ukr.net

Таврический государственный агротехнологический университет

**Аннотация** – приведена методика моделирования адаптивных технологических процессов как дискретных динамических объектов управления с использованием статических моделей энергосбережения.

**Постановка проблемы.** Анализ динамических параметров и структурно-алгоритмической гибкости систем управления кормоприготовлением показывает, что они реализуют процессы управления на основе адаптивного принципа. Технология представляется в форме дискрет во времени, где решается задача управления установившимися состояниями многомерного дискретного управления с использованием модели объекта. Для адаптации параметров модели используются рекуррентные алгоритмы эллипсоидальных оценок. В данной области выполнен целый ряд исследований [1, 2], однако во главу угла здесь ставились лишь общие показатели автоматизации без учета параметров энерго- и ресурсосбережения.

**Формулировка цели.** Разработка методики моделирования адаптивных автоматизированных технологических процессов с использованием статических моделей энергосбережения.

**Основная часть.** Линеаризованный технологический комплекс кормоприготовления, как дискретный динамический объект управления (ОУ), характеризуется в дискретные моменты времени  $k=0, 1, 2 \dots$  векторами входов (управлений) по каналам  $\vec{u}[k] = (u_1[k], \dots, u_n[k])^T$  и выходов  $\vec{x}[k] = (x_1[k], \dots, x_n[k])^T$ . В качестве компоненты  $x_i[k]$  принимается соответствующий энергетический поток. С каждой компонентой  $x_i[k]$  вектора  $X[x]$  связаны системы уравнений:

$$W_i[k+1] = A_i W_i[k] - (I - A_i) E^{-q_i} u[k], \quad x_i[k+1] = m_i^0 W_i[k], \quad (1)$$

определяющие динамические и статические свойства объекта по отношению к данному выходу. В уравнении (1)  $\vec{W}_i[k] = (w_{i1}[k], \dots, w_{in}[k])^T$  - вектор фазовых координат;  $A_i = \text{diag}\{a_{i1}, \dots, a_{in}\}$  - диагональная матрица параметров динамики;  $I - (n \times n)$  - единичная матрица;  $m_i^0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ m_{i1} & \dots & m_{in} \end{pmatrix}^T$  - вектор коэффициентов усиления;  $E^{-q_i} = \text{diag}\{\xi^{-q_{i1}}, \dots, \xi^{-q_{im}}\}$  - матрица операторов сдвига  $\xi^{-q_{ij}} u_j[k] = u_j[k - q_{ij}]$ ,  $q_{ij} \geq 0$  - число тактов, на которое запаздывает  $j$  - й входной сигнал;  $T$  - оператор транспонирования матрицы.

Задан вектор  $\vec{X}^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)^T$  - вектор ограничений, как директивные значения энергоемкости технологических процессов и продукции с/х производства. На основании указанных факторов строится структура модели, основные структурные составляющие которой показаны на рис. 1. Данная модель является базой разработки алгоритма адаптации. В свою очередь, каждая модель САУ однозначно определяется наборо-

ром признаков модели  $P_m = \{P_m^j\}_{j=1}^k$ , описывающих основные характеристики модели САУ, например: тип модели, составляющие подмодели и др.

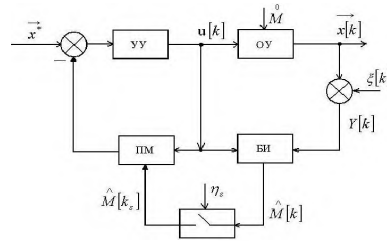


Рис. 1. Структура адаптивной модели управления

Выбор модели статического типа проводится путем построения набора признаков модели в соответствии с некоторым функционально-логическим правилом отображения множества признаков  $P_m = G(P_0); G(\bullet)$  - на основе гомоморфного оператора проектирования модели. Структура модели САУ определяется следующим образом  $\Sigma = f(\mathcal{E}, OG, KP)$  Здесь  $\mathcal{E}$  – эволюционное соотношение модели, характеризующее динамику управления; OG – ограничения модели; KP – критерий оптимизации модели. Составляющие OG и KP могут быть получены из набора признаков  $P_0$  модели управления. Функционал адекватности модели:

$$AD(m, P_0) = (AD_\pi, AD_\mathcal{E}), \quad (2)$$

где  $(AD_\pi, AD_\mathcal{E})$  - функционалы адекватности параметров и эволюционного соотношения модели соответственно.

Как указано в [3], параметры подобных систем представляются в виде рядов Фурье, откуда становится возможным провести оценку динамической точности системы в режиме реального времени (при условии управления режимом работы кормоприготовительного агрегата). Параметры системы, в соответствии с [2], вычислялись в предположении кратности рядов Фурье, откуда динамическая оценка качества системы для  $2\pi$ -периодической функции  $f(x, y)$  выполнялась как для систем класса  $L(R)$ , где  $R: [-\pi, \pi; -\pi, \pi]$ . Коэффициенты такого разложения по Фату равны:

$$a_{mn} = \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(x, y) \cos mx \cdot \cos ny \, dx dy; \quad b_{mn} = \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(x, y) \sin mx \cdot \cos ny \, dx dy;$$

$$d_{mn} = \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(x, y) \sin mx \cdot \sin ny \, dx dy; \quad c_{mn} = \frac{1}{\pi^2} \iint_R f(x, y) \cos mx \cdot \sin ny \, dx dy. \quad (3)$$

Уравнения системы (3) и определяют динамику системы, откуда следуют равномерные оценки точности (как интегралы Фурье-Лебега).

**Вывод.** Изложенная методика синтеза микропроцессорной адаптивной системы позволяет эффективно определить структуру управляющего средства, закон регулирования, определить качество динамического функционирования системы.

**Список использованных источников**

1. Зотов М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления / М.Г. Зотов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 375с.
2. Афанасьева О.В. Теория и практика моделирования сложных систем: учеб. пособие / О.В. Афанасьева, Е.С. Голик, Д.А. Первухин. - СПб: СЗТУ, 2005. -132с.
3. Диордиев В.Т. Основные факторы системотехнического и программно-целевого подходов к организации оптимального управления кормопроизводством / В.Т. Диордиев // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2010. - Вип. 10, т. 8. – С. 14-21.