

УДК 658.012.011

**В.С. Богушевський докт. техн. наук, проф., Р.В. Самарай**  
Національний Технічний Університет України “КПІ”, Україна

## **ВВЕДЕННЯ В АСУТП ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

**V.S. Bohushevskyy Dr. Prof., R.V. Samaray**  
**INTRODUCTION TO INJECTION MOLDING AUTOMATIC PROCESS CONTROL  
SYSTEM REGULATORY SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC**

Однією з важливих підсистем, що функціонують в автоматизованій системі управління технологічним процесом лиття під тиском (АСУТП ЛПТ), є підсистема планування експерименту, на яку покладено завдання знаходження оптимальної технології виготовлення виливка. Від того, наскільки раціонально розподілені функції ЕОМ і людини, багато в чому залежить ефективність роботи даної підсистеми і АСУТП в цілому.

В ході роботи з ЕОМ оператор вказує найменування фактора, номер каналу його вимірювання на машині ЛПТ, розмірність цього фактора, область його визначення (мінімально і максимально допустимі значення), допустиму похибку відхилення цього фактора від заданого значення. При цьому оператор-технолог повинен враховувати, що факторами можуть бути тільки такі параметри технологічного процесу, якими можна управляти і які можна вимірювати. Контролювати правильність завдання списку факторів ЕОМ не може.

Спочатку на екран дисплея виводиться довідкова інформація про дані, вже наявні у пам'яті ЕОМ до початку роботи. Потім оператору надається можливість внесення змін до списку показників якості. Після цього ЕОМ пропонує оператору діапазон зміни числових значень показників, відповідний стандартним оцінками дуже добре, добре, задовільно, погано і дуже погано за шкалою бажаності. Після закінчення введення затребуваних даних ЕОМ перевіряє монотонність шкал і призначає границі діапазону стандартні числові значення:

<i>Суб'єктивна оцінка бажаності.</i>	<i>Відмітка на шкалі бажаності.</i>
Дуже добре.....	0,8-1,0
Добре.....	0,63-0,8
Задовільно.....	0,37-0,63
Погано.....	0,2-0,37
Дуже погано.....	0-0,2

Нечіткий регулятор реалізується на мікропроцесорі і працює в дискретному режимі. Тому система автоматичного керування з НР містить пристрої зв'язку з об'єктом - АЦП і ЦАП. АЦП квантує безперервну помилку  $\theta(t) = u(t) - x(t)$  з кроком квантування  $h$ . В якості першої і другої похідної вираховували першу і другу різницю за формулами.

При вирішенні задачі синтезу нечіткого регулятора приймаємо число термів, за допомогою якого оцінюються лінгвістичні змінні (вхідні та вихідний параметр НР) помилки системи в регулюванні температури  $\theta$ , швидкість зміни (перша похідна) помилки  $\theta'$ , прискорення (друга похідна) помилки  $\theta''$ , управляючий вплив на об'єкт  $m$ , рівним 5. Встановимо діапазони зміни лінгвістичних змінних рівним  $[\theta_{\min}, \theta_{\max}]$ ,  $[\theta'_{\min}, \theta'_{\max}]$ ,  $[\theta''_{\min}, \theta''_{\max}]$  і  $[m_{\min}, m_{\max}]$ . Перерахунок значення кожної лінгвістичної змінної  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $n = 4$ , у відповідний елемент управління  $u^* \in [0, 1]$  визначається виразом.

При надходженні на НР значень вхідних змінних  $\theta$ ,  $\theta'$ ,  $\theta''$  з кроком квантування  $h$  здійснюється розрахунок величин  $u_1^*$ ,  $u_2^*$  і  $u_3^*$  за формулами і ФП  $\mu^j(u)$ ,  $j = \overline{1, 3}$ , за фо-

рмулами. Рівні бажаності всередині діапазонів ЕОМ знаходить шляхом інтерполяції. Тим самим забезпечується однозначна і зіставна кількісна оцінка досягнутого рівня за всіма показниками.

Наступним етапом є завдання масових коефіцієнтів. При цьому величини порівнюваних збільшень розраховуються ЕОМ за формулою (1)

$$\Delta y_j = \frac{\partial d_d / \partial y_d}{\partial d_j / \partial y_j} * \Delta y_d. \quad (1)$$

оскільки тільки в цьому випадку забезпечується рівність збільшень відповідних бажаностей  $\Delta y_j$  і  $\Delta y_d$ .

Після закінчення всіх етапів ЕОМ розраховує масові коефіцієнти, нормує їх за умовою  $\sum_{j=1}^m W_j = 1$ . Розрахункова формула (2) має вигляд:

$$W_j = B_j / \sum_{j=1}^m B_j, \quad (2)$$

де  $B_j$  - бальна оцінка по  $j$ -му показнику.

Далі ЕОМ здійснює обробку проведеної серії експериментів. При цьому вона відкидає грубі помилки, перевіряє однорідність дисперсій, розраховує коефіцієнти лінійної регресії, перевіряє адекватність побудованої математичної моделі, розраховує значимість її коефіцієнтів.

По закінченні зазначеної процедури ЕОМ приймає рішення про подальші дії. Якщо це рішення неоднозначно (наприклад, збільшити інтервали варіювання факторів або рухатися по градієнту), то ЕОМ просить прийняти рішення оператора-технолога, попередньо вказавши йому на достоїнства і недоліки кожного з можливих рішень. Далі ЕОМ пропонує оператору перейти до побудови моделі другого порядку, оскільки опис області оптимуму лінійної моделі неправомірний. ЕОМ будує матрицю планування другого порядку, на основі якої проводиться чергова серія експериментів. В результаті розраховується коефіцієнт моделі, описуваний рівнянням (3):

$$Y = b_0 + \sum_{j=1}^n b_j x_j + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n b_{ij} x_{ij}, \quad (3)$$

де  $b_0, b_j, b_{ij}$  - коефіцієнти моделі. Після перевірки адекватності моделі ЕОМ розраховує точки оптимуму, вирішуючи відповідну алгебраїчну систему рівнянь методом Гаусса - Зейделя для похідних  $dY/dx_i$ . В отриманій точці оптимуму ЕОМ пропонує оператору провести контрольний експеримент і оцінити його результати. Якщо результати задовільні, то робота припиняється, знайдені оптимальні параметри технологічного процесу реєструються.

Система регулювання виконана на стандартних засобах вимірювання та регулюючому мікроконтроллері.

**Висновки.** Введення в систему НР підвищує якість регулювання, прискорює процес і зменшує енергоспоживання процесу ЛПТ.

#### **Література:**

1. Повышение эффективности литья под давлением (ЛПД) / А.А.Жуков, А.Д.Постнова, В.А.Борисов и др. //Литейщик России. – 2008. - № 1. – С. 25 – 30.
2. АСУТП машин литья под давлением / В.С.Богушевский, В.Н.Иванов, Н.А.Рюмшин, Н.А.Сорокин. – К.: НПК “Киевский институт автоматики”, 1994. – 239 с.
3. Организация диалога человек – ЭВМ в АСУТП литья под давлением / А. А. Крейцер, М. В. Хазанов, П. Э. Херунцев // Литейное производство. - 1986. - №8. – С. 28-29.
4. Богушевський В.С. АСКТП комплексу лиття під тиском //Автоматизація виробничих процесів. – 2001. – № 2 (13). – С. 53 – 55.