

ПРОЦЕДУРНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ

А.Е. Ерышов

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
ГОУ ВПО «ТГТУ»*

Представлена членом редколлегии профессором Ю.Л. Муромцевым

Эффективность функционирования информационно-управляющих систем сушильными установками во многом определяется возможностями математических моделей, используемых для расчета вектора управления режимами работы установки. Важным требованием к модели процесса сушки является определение влажности материала на выходе установки в зависимости от значений управляющих и возмущающих воздействий. Большинство используемых в системах управления многокамерными сушильными аппаратами моделей имеют вид аналитических зависимостей [1]

$$\varphi_i = f(\varphi_{i-1}, u_i, v_i), \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (1)$$

где φ_i – влажность материала на выходе i -й камеры; u_i, v_i – векторы управления и возмущения, оказывающие влияние на φ_i .

Качество выпускаемой продукции определяется конечной влажностью φ_k , которая в общем случае должна находиться в требуемых пределах, то есть должно выполняться условие

$$\varphi_i \in [\varphi_i^H - \Delta\varphi_i', \varphi_i^H + \Delta\varphi_i''], \quad (2)$$

где φ_i^H – номинальное (оптимальное) значение влажности материала на выходе i -й камеры; $\Delta\varphi_i', \Delta\varphi_i''$ – допустимые отклонения от номинального значения.

Так как на величину φ_k влияет большое число факторов, в том числе и неконтролируемых, то численное значение φ_k , рассчитанное с помощью соотношений (1) и удовлетворяющее условию (2), не гарантирует, что при лабораторной проверке влажность материала будет соответствовать требованиям на качество продукции. Кроме того, в настоящее время отсутствует возможность непрерывно контролировать влажность φ_i .

В этой связи разработана модель процесса сушки, которая отличается от существующих тем, что в ней используются результаты контроля влажности материала в лимитирующих камерах сушильной установки вальце-ленточного типа (СВЛ), а для рассчитываемого значения φ_k применяется процедура оценки меры доверия $m(\varphi_k)$ к получаемому результату [2].

Аналитическая часть модели имеет вид двух зависимостей:

$$\begin{aligned} \varphi_2(t_m) = & \left[1 + \exp \left(-\alpha_1 \left[\sum_{j=1}^N \tilde{w}_j^{(2)} \left(1 + \exp \left(-\tilde{\alpha}_j \left[w_{1j}^{(2)} \varphi_{\text{H}}(t_m - \Delta t) + w_{2j}^{(2)} \bar{t}^{\text{OB}} + \right. \right. \right. \right. \right. \right. \right. \right. \\ & + w_{3j}^{(2)} \bar{\varphi}^{\text{OB}} + w_{4j}^{(2)} u^{\text{cл}}(t_m - \Delta t) + w_{5j}^{(2)} \bar{t}_2^{\text{ca}} + w_{6j}^{(2)} \bar{\varphi}_2^{\text{ca}} + w_{7j}^{(2)} \bar{u}^{\text{BB}} + \\ & + w_{8j}^{(2)} v_2^{\text{BOP}}(t_m) + w_{9j}^{(2)} u_2^{\text{BZO}}(t_m - \Delta t) + w_{10j}^{(2)} u_2^{\text{cш}}(t_m - \Delta t) - \hat{\alpha}_j \Big) \Big]^{-1} - \alpha_2 \Big]^{-1} ; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \varphi_3(t_m + \Delta t) = & \left[1 + \exp \left(-\beta_1 \left[\sum_{j=1}^M \tilde{w}_j^{(3)} \left(1 + \exp \left(-\tilde{\beta}_j \left[w_{1j}^{(3)} \varphi_2(t_m) + w_{2j}^{(3)} \bar{t}^{\text{OB}} + \right. \right. \right. \right. \right. \right. \right. \\ & + w_{3j}^{(3)} \bar{\varphi}^{\text{OB}} + w_{4j}^{(3)} u^{\text{cл}}(t_m) + w_{5j}^{(3)} \bar{t}_3^{\text{ca}} + w_{6j}^{(3)} \bar{\varphi}_3^{\text{ca}} + w_{7j}^{(3)} \bar{u}^{\text{BB}} + \\ & + w_{8j}^{(3)} u_3^{\text{BZO}}(t_m) + w_{9j}^{(3)} u_3^{\text{cш}}(t_m) - \hat{\beta}_j \Big) \Big]^{-1} - \beta_2 \Big]^{-1} ; \end{aligned} \quad (4)$$

где $\varphi_2(t_m)$ – влажность материала во второй камере в момент времени t_m ; Δt – временной шаг, соответствующий времени прохождения материала в одной камере; $\alpha_1, \alpha_2, \tilde{\alpha}_j, \hat{\alpha}_j, \beta_1, \beta_2, \tilde{\beta}_j, \hat{\beta}_j, \tilde{w}_j^{(2)}, w_{ij}^{(2)}, \tilde{w}_j^{(3)}, w_{ij}^{(3)}$ – параметры модели; N, M – размерности моделей (3), (4) соответственно; φ_{H} – начальная влажность материала; $\bar{t}^{\text{OB}}, \bar{\varphi}^{\text{OB}}$ – средние значения температуры и влажности окружающего воздуха соответственно; $u^{\text{cл}}, \bar{u}^{\text{BB}}$ – значения управлений скоростью движения ленты и работой вытяжного вентилятора соответственно; $\bar{t}_2^{\text{ca}}, \bar{t}_3^{\text{ca}}, \bar{\varphi}_2^{\text{ca}}, \bar{\varphi}_3^{\text{ca}}$ – средние значения температуры и влажности сушильного агента во второй и третьей камерах СВЛ соответственно; v_2^{BOP} – положение ворошителя на выходе второй камеры; $u_2^{\text{BZO}}, u_3^{\text{BZO}}, u_2^{\text{cш}}, u_3^{\text{cш}}$ – значения управлений воздухозаборными окнами и сбросными шиберами во второй и третьей камерах СВЛ соответственно.

Значения $\varphi_2(t_m), \varphi_3(t_m + \Delta t)$ используются в процедурной части модели для определения меры доверия влажности материала $\varphi_k(t_m + (k-2)\Delta t)$ на выходе сушилки с k камерами. Процедура расчета мер доверия $m(\varphi_k) = m(\varphi_k(t_m + (k-2)\Delta t))$ содержит следующие операции.

1. Расчет влажности $\varphi_2(t_m)$ по формуле (3). Путем использования продукционных правил определяются меры доверия $m(\varphi_k)$.

2. Проверка выполнения условия (2) для значения влажности $\varphi_2(t_m)$. В случае необходимости производится корректировка процесса сушки путем изменения скорости движения ленты.

3. В случае изменения скорости движения ленты пересчитывается временной интервал Δt .

4. Расчет влажности $\varphi_3(t_m + \Delta t)$ по формуле (4). Путем использования продукционных правил и алгоритма метода Демпстера–Шафера производится коррекция мер доверия $m(\varphi_k)$ с учетом двух свидетельств.

5. Проверка выполнения условия (2) для влажности $\varphi_3(t_m + \Delta t)$. В случае необходимости производится корректировка процесса сушки.

Полученная модель используется в информационно-управляющей системе СВЛ. Относительная погрешность модели не превышает 2 %.

Список литературы

1. Артемова, С.В. Прогнозирование и компенсация возмущения в системах оптимального управления / С.В. Артемова, Д.Ю. Муромцев, А.Н. Грибков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2003. – Т. 9, № 4. – С. 632–637.

2. Люгер, Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люгер. – М. : Вильямс, 2003. – 864 с.

**Procedure Analytical Model in the System
of Control over Drying Process**

A.E. Eryshov

Department “Designing of Radio Electronic and Microprocessor Systems”, TSTU

**Behandlungsraum-analytisches Modell im System
der Steuerung vom Trocknenprozess**

**Modèle analytique de procédure dans le système
de la commande du processus du séchage**
