

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА БАРАБАННОЙ СУШКИ ОШЛИХТОВАННОЙ ОСНОВЫ

А.Ш. БАРДАВЕЛИДЗЕ, А.Б. КОЗЛОВ, Х.А. БАРДАВЕЛИДЗЕ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина,
Кутаисский государственный технический университет)

Существующие математические описания барабанных сушильных аппаратов как объектов с распределенными параметрами не в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к системам автоматического регулирования [1].

В то же время многобарабанный сушильный аппарат можно представить в виде последовательно расположенных сушильных барабанов с сосредоточенными параметрами. В общем случае при нагреве материала и его сушке с m -го барабана он сходит с влагосодержанием и температурой соответственно $W(\tau)$ и $T(\tau)$.

Математическое описание m -й ячейки представляет собой систему из двух нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений относительно вектора двух переменных:

$$\mathbf{x}_m = (w_m, T_m). \quad (1)$$

или в дифференциальном виде

$$\frac{d\mathbf{x}_m}{d\tau} = f(\mathbf{x}_{m-1}, \mathbf{x}_m, \mathbf{u}_m), \quad \mathbf{x}_m(0) = \mathbf{x}_{m0}, \quad (2)$$

где \mathbf{x}_{m0} – начальное состояние ячейки.

В это уравнение в качестве управляющих воздействий входят температура (или расход) пара \mathbf{u}_m , задаваемая независимо для каждого барабана и общая для всех барабанов линейная скорость основы v .

В целом математическое описание динамики многобарабанного сушильного аппарата представляет собой систему уравнений, записанных и решаемых совместно для всех барабанов номера 1, 2, ..., N.

Благодаря тому, что в правую часть (2) входят компоненты вектора \mathbf{x}_{m-1} предыдущего по ходу движения материала бара-

бана, для последующих барабанов компоненты векторов оказываются взаимосвязанными и в совокупности образуют систему $2N$ нелинейных дифференциальных уравнений (N – общее число барабанов) относительно $2N$ переменных:

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (3)$$

на входе в сушилку.

Тогда векторное дифференциальное уравнение будет иметь вид:

$$\frac{d\mathbf{x}}{d\tau} = f(\mathbf{x}, \mathbf{u}), \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0, \quad (4)$$

где $\mathbf{u} = (u_1, u_{21}, \dots, u_{2N})$.

Переход от модели в форме передаточных функций объекта по каналам управления к стандартной модели "псевдосостояния" осуществляется в два этапа:

- трансцендентная передаточная функция звена чистого запаздывания аппроксимировалась дробно-рациональной;
- полученная передаточная функция объекта разбивалась на множители с введением дополнительных переменных.

Предлагаемый здесь подход к построению математического описания процессов сушки можно рассматривать как компромисс между чисто формальными моделями динамики, которые строятся с помощью известных методов теории автоматического регулирования, и аналитическими моделями, вытекающими из теоретического анализа процессов сушки. При этом математическое описание составляется на основе теоретического анализа процесса, а коэффициенты полученных таким образом уравнений определяются по экспериментальным данным.

Поскольку сушильный аппарат шлихтовальной машины ШБ-11/140 имеет 11

греющих барабанов, то его математическая модель динамики представляет собой в данном случае систему из 22-х нелинейных дифференциальных уравнений, неопределенными коэффициентами которой являются параметры уравнения скорости сушки KF_0 , критического влагосодержания w_{CR} и коэффициенты теплообмена $\alpha_1 F_1$, $\alpha_2 F_2$, где α_1 и α_2 – коэффициенты теплопередачи материал – окружающая среда и материал – поверхность барабана; F_0 , F_2 и F_1 – соответственно площади раздела фаз контакта с окружающей средой и поверхностью барабана.

По сравнению с формальными моделями предлагаемая модель характеризуется

$$\Phi(a) = \sum_j [p_j (w_j(1) - w_j^3)^2 + q_j (y_j(1) - y_j^3)^2 + r_j (t_{aj}(1) - t_{aj}^3)^2] \rightarrow \min, \quad (5)$$

где $a = (KF_0, w_{CR}, F_1 \alpha_1, F_2 \alpha_2)$ – вектор неопределенных параметров; j – номер эксперимента; $w_j(1), y_j(1), t_{aj}(1)$ – расчетные значения температуры и влагосодержания материала и агента сушки на выходе из сушильной камеры при заданном векторе параметров a : w_j^3, y_j^3, t_{aj}^3 – экспериментальные значения; p_j, q_j, r_j – заданные неотрицательные весовые коэффициенты.

Задача на минимум (5) решалась методом прямого поиска Нелдера-Мида [4]. Результаты обработки экспериментов на IBM PC для хлопчатобумажной основы "Мелодия" позволили получить следующие значения: $w_{CR} = 18,7\%$; $6,5823K = 6,58 \cdot 10^{-9} \text{ кг}/(\text{°C} \cdot \text{м}^2)$; $\alpha_1 = 3,35 \cdot 10^{-5}$; $\alpha_2 = 0,15 \cdot 10^{-5} \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

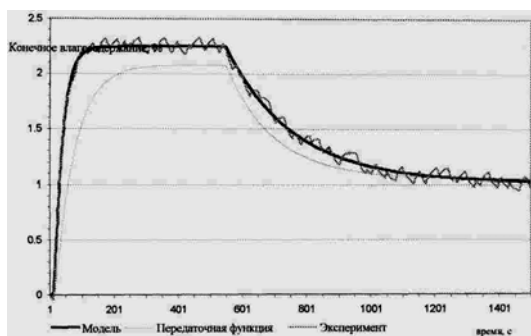


Рис. 1

существенно меньшим числом неопределенных параметров (всего четыре).

По экспериментально снятым кривым сушки для хлопчатобумажной основы "Мелодия" были определены KF_0, w_{CR} , после чего проводились эксперименты по снятию кривых разгона, которые обрабатывались при фиксированных KF_0, w_{CR} , для определения коэффициентов теплообмена.

Алгоритм обработки экспериментальных данных при решении задачи оценивания неопределенных параметров системы сводится к решению задачи минимизации критерия качества оценки:

Сравнение формальной и альтернативной линеаризованной модели динамики возмущенного движения сушильного аппарата можно сделать по данным рис.1, где представлены переходные процессы при возмущениях по скорости шлихтования для основы "Мелодия".

ВЫВОДЫ

Полученную математическую модель можно применить в барабанной сушилке для векторной оптимизации процесса сушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бардавелидзе А.Ш. Математические модели процесса сушки при шлихтовании для двух управляющих воздействий // Междунар. сб. научн. тр. молод. препод.: Повышение эффективности процессов создания текстильных материалов. – Москва: МТИ, 1984. С.40...41.
2. Баумштейн И.П., Майзель Ю.А. Автоматизация процессов сушки в химической промышленности. – М.: Химия, 1970. С.232.
3. Бардавелидзе А.Ш., Епифанов А.Д., Козлов А.Б. // Текстильная промышленность. – 1985, №8. С.44...45.
4. Брайсон А., Хо Ю-Ши. Прикладная теория оптимального управления. – М.: Мир, 1972. С.544

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники. Поступила 01.10.06.