

УДК 621(075.8)

**МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
ПРОЦЕССА СУШКИ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА  
В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ**

**METHOD OF AUTOMATIC CONTROL  
OF PROCESS OF DRYING OF THE TEXTILE MATERIAL  
IN REAL TIME**

*Е.И. КРОТОВА*  
*E.I. KROTOVA*

(Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова)  
(P.G. Demidov Yaroslavl State University)  
Email: ken@uniyar.ac.ru

*Разработан метод автоматического контроля влажности с применением статистического анализа и идентификацией распределения значений этого параметра в текстильном материале, разработана математическая модель и электронное устройство, реализующее рассмотренный метод.*

*The method of the automatic control of humidity with application of the statistical analysis and identification of distribution of values of this parameter in a textile material is developed, the mathematical model and the electronic device realizing the considered method is developed.*

**Ключевые слова:** контроль, влажность, параметр, выборка, вид распределения, идентификация.

**Keywords:** the control, humidity parameter, sample, a kind of distribution, identification.

Процесс производства хлопчатобумажных тканей состоит из этапов, которые содержат воздействие влаги на ткани с последующей сушкой. При этом влагосодержание ткани оказывает существенное влияние на основные параметры в процессах ее отделки.

Объектом исследования в настоящей работе является математическая модель процесса сушки хлопчатобумажных тканей, являющаяся основой разработанного нами метода автоматического контроля процесса сушки реализуемого в реальном времени, который основан на анализе ста-

статистического распределения влажности в текстильном материале.

Известно, что технологические параметры текстильного оборудования рассчитываются из условия, что значения влажности материала имеют фиксированное значение, это требование иногда не выполняется из-за низкого качества исходного полуфабриката. Для повышения эффективности технологических процессов производства хлопчатобумажных тканей можно использовать непостоянство значений параметра остаточной влажности для получения информации о разбросе значения влагосодержания в разных частях объема материала, наличии примесей, отклонения от заданных характеристик режима функционирования теплоиспользующего оборудования и т. п.

Рассмотрим алгоритм идентификации вида распределения значений параметра влажности  $x$ . Он состоит из нескольких этапов.

Определяется значение контрэксцесса  $\chi$ , для чего находится выборочное значение оценки математического ожидания:

$$m_1^* = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где  $n$  – объем выборки,  $x_i$  – значения случайной величины влажности.

Затем находится оценка момента 4-го порядка:

$$\mu_4^* = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - m_1^*)^4, \quad (2)$$

вычисляется оценка дисперсии:

$$\sigma^{2*} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (x_i - m_1^*)^2, \quad (3)$$

находятся эксцесс:

$$\varepsilon = \frac{\mu_4^*}{\sigma^{*4}} \quad (4)$$

и контрэксцесс

$$\chi = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}, \quad (5)$$

определяется асимметрия:

$$s = \frac{\mu_3^*}{\sigma^{*3}}. \quad (6)$$

Определяется энтропийный коэффициент по формуле:

$$k_3 = \frac{dn}{2\sigma^*} \cdot 10^{-\frac{1}{n} \sum_{j=1}^m n_j \lg n_j}, \quad (7)$$

где  $d$  – ширина столбца гистограммы;  $n$  – объем выборки;  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение,  $m$  – число столбцов гистограммы,  $m = 4 \ln(n)$ ;  $n_j$  – число наблюдений в  $j$ -м столбце.

Используя вычисленные значения  $\chi$ ,  $k_3$ ,  $s$ , находим параметр идентификации  $Z$ :

$$Z = \frac{k_3}{\chi} + 4s. \quad (8)$$

Отличие исследуемого распределения от теоретического для данного закона распределения и заданного объема выборки характеризуется величиной абсолютного значения отклонения отношений  $|\delta_i(Z)|$ .

Оно вычисляется как модуль разности:

$$|Z_{\text{от}} - Z| = \delta_i(Z), \quad (9)$$

где  $Z_{\text{от}}$  – параметр отношения для нормального закона распределения;  $Z$  – параметр исследуемого распределения значений влажности.

Величина  $\delta_i(Z)$  сравнивается с допустимым значением отклонения  $\delta_{zi}(Z)$ , результат сравнения  $S_i$  является определяющим параметром, характеризующим тип распределения.

При совпадении идентифицированного закона распределения с нормальным (этапным)  $S_i$  принимает минимальное значение:

$$S_i = \delta_i(Z) - \delta_{zi}(Z). \quad (10)$$

Точность численной величины допустимого значения отклонения выбирается для каждой конкретной задачи.

Функциональная схема устройства автоматического контроля параметра технологического оборудования должна обеспечивать возможность наблюдения за контролируемым параметром без вмешательства в технологический процесс в условиях реального времени и своевременно выдавать информацию об отклонении параметра от допустимой нормы [2]. Структурную схему системы контроля влажности, основанную на применении предложенного метода, можно представить в виде основных блоков (рис. 1).

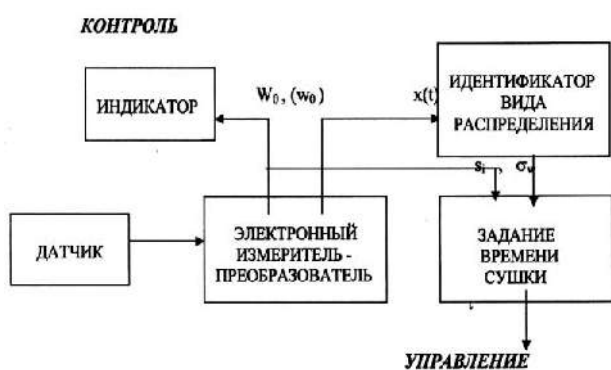


Рис. 1

Датчик влажности подключен на вход электронного измерителя-преобразователя, один из выходов которого соединен с индикатором (лампочка или светодиод), другой выход служит для подключения к ПЭВМ, в которой реализуется предлагаемый алгоритм контроля влажности, блок задания времени сушки является частью алгоритма контроля влажности.

На рис. 2 представлена структурная схема электронного измерителя- преобразователя.

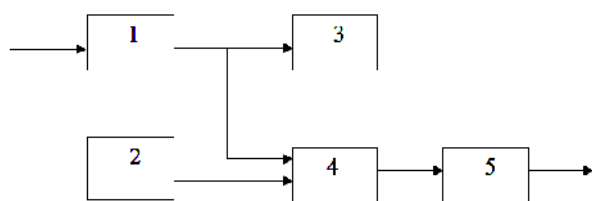


Рис. 2

Сопротивление датчика включено в схему измерительного генератора 1, при изменении сопротивления от влажности материала происходит изменение частоты генератора.

С помощью частотомера 2 это изменение фиксируется и вводится в виде числового файла (вручную или автоматически с выхода частотомера на ЭВМ) на вход идентификатора вида распределения. Для обеспечения оперативного контроля сушки предусмотрена операция сравнения частоты измерительного генератора 1 с частотой опорного генератора 2 с помощью устройства сравнения 4. Выходное напряжение устройства сравнения интегрируется с помощью интегратора 5. Время интегрирования выбирается с учетом инертности датчика. При равенстве частот на выходе интегратора напряжение достигает определенного уровня. Это напряжение характеризует влажность и используется для включения индикатора достижения требуемой технологической влажности. Индикатор представляет собой ключевую схему, состоящую из компаратора и транзисторного ключа, управляющего включением и выключением лампочки или светодиода. Идентификатор закона распределения реализует алгоритм (9). Эффективность предложенного метода автоматического контроля процесса сушки с идентификацией распределения влажности можно оценить с помощью относительного уменьшения времени технологического процесса [3]:

$$\Delta = [(\tau' - \tau) / \tau'] \cdot 100\% , \quad (11)$$

где  $\tau$  – время сушки с применением автоматического контроля влажности с идентификацией вида распределения ее выборочных значений,  $\tau'$  – время сушки без идентификации.

Градуировочный график электронного измерителя влажности представлен на рис. 3. Зависимость  $\Delta$  от влажности гранул  $w_0$  приведена в табл. 1.

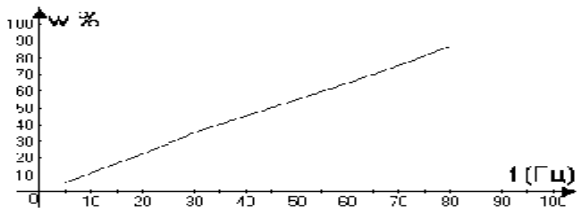


Рис. 3

Т а б л и ц а 1

$w_0, \%$	$\tau', \text{ ч}$	$\tau, \text{ ч}$	$\Delta, \%$
25	17	6	64
20	13	5	61
15	11	4	63

## ВЫВОДЫ

1. Разработан метод контроля влажности с применением статистического анализа значений влажности с идентификацией вида распределения этих значений, основой которого является разработанная нами математическая модель, учитывающая связь начальной влажности и конечной (заданной технологически) влажности.

2. Разработаны структурная схема электронного измерителя-преобразователя и электронное устройство для автоматиче-

ского контроля влажности текстильного материала, которое позволяет обеспечить наблюдение за процессом сушки в реальном времени, что снижает производственные энергозатраты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кротова Е.И. Идентификация типа распределений результатов экспериментальных исследований // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 1998, № 1. С. 57...59.

2. Кротова Е.И. Моделирование работы алгоритма идентификации закона распределения влажности гранулированных материалов // Междунар. сб. тр.: Информационные технологии моделирования и управления. / Под ред. д.т.н., проф. О.Я. Кравца. – Воронеж: Изд-во Научная книга, 2004. Вып. 18. С. 95...101.

3. Кротова Е.И. Метод автоматического контроля качества технологических систем в текстильном производстве // Сб. мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной промышленности (Прогресс-2013). Часть 1. – Иваново: Текстильный институт ИВГПУ. 2013. Часть 1. С.210...211.

Рекомендована кафедрой динамики электронных систем. Поступила 13.02.14.