

**Раздел I**

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

**I. METHODS AND ALGORITHMS  
OF PRODUCTION CONTROL**

---

УДК 681.518

## ВИРТУАЛЬНЫЙ ДАТЧИК ВЛАЖНОСТИ ПАСТООБРАЗНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

С.В. Артемова, А.Н. Грибков, А.Е. Ерышов, А.М. Каменский\*

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

**Ключевые слова и фразы:** датчик влажности материала; метод Демпстера–Шафера; модель процесса сушки; нейронные сети.

**Аннотация:** Разработан виртуальный датчик влажности материала, в основе работы которого лежит нейросетевая модель процесса сушки. Оценка достоверности результатов производится методом Демпстера–Шафера.

---

### Список обозначений

$W_{i,j}$  – весовые коэффициенты, которые характеризуют степень влияния входного сигнала;

$X_i (i = 1, \dots, N)$  – входные сигналы;

$i$  – номер входа;

$j$  – номер нейрона;

$N$  – количество входов,  $N = 1, 2, 3, \dots, 11$ .

---

Одной из существенных проблем, возникающих при проектировании систем оптимального управления процессами сушки, является необходимость определения влажности красителя по косвенным параметрам, ввиду высокой стоимости быстродействующих анализаторов влажности. Для решения данной проблемы предлагается в системе оптимального управления применять виртуальный датчик на основе нейронной сети (ВДНС).

Он разработан для пятисекционной вальце-ленточной сушильной установки, предназначенной для сушки пастообразных красителей, которая представляет собой коридор, разделенный на секции (зоны) [2].

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. Ю.Л. Муромцева.

ВДНС включает в себя нейросетевую нелинейную модель процесса сушки для одной секции сушильной установки. В зависимости от режимов сушки и условий окружающей среды по модели определяется значение относительной влажности красителя. Она представляет собой нейронную сеть, которая имеет одиннадцать входов  $X_i$ , учитывающих: положение красителя в сушилке, средневзвешенную температуру и влажность воздуха в секции, работу вытяжного вентилятора, наличие ворошителя, состояние воздухозаборных окон и шибберов, скорость движения ленты, влажность и температуру воздуха в цехе, начальную влажность красителя.

Сигмоидальная функция активации нейрона выражается формулой

$$f(S_j) = \frac{1}{1 + e^{-\beta_j S_j}},$$

$$S_j = \sum_{i=1}^N W_{i,j} X_i.$$

Промежуточный слой нейронной сети состоит из девяти нейронов.

Устройство управления вырабатывает управляющие воздействия с учетом показаний ВДНС, который непрерывно контролирует относительную влажность красителя во время сушки и позволяет оперативно вносить изменения в настройки сушилки, получая на выходе продукт требуемого качества.

Особенностями ВДНС являются, возможность определения влажности красителя в реальном времени и оценка достоверности получаемых результатов методом Демпстера–Шафера [1].

Среднеквадратичная ошибка модели не превышает 2 %.

#### *Список литературы*

1. Люгер, Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люгер. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
2. Артемова, С.В. Задача ресурсосберегающего управления динамическими режимами многосекционных сушильных установок / С.В. Артемова, А.Н. Грибков // Информационные системы и процессы : сб. науч. тр. Вып. 3 / под ред. проф. В.М. Тютюнника. – Тамбов ; М. ; СПб ; Баку ; Вена : Нобелистика, 2005. – С. 142–145.

## VIRTUAL HUMIDITY SENSOR OF PASTELIKE DYE-STUFF ON BASIS NEURAL NETWORKS

**S.V. Artemova, A.N. Gribkov, A.E. Eriashov, A.M. Kamenski**

**Key words and phrases:** humidity sensor of material; method Dempster–Shafer; model of drying process; neural networks.

**Abstract:** Humidity virtual sensor of material was developed. This sensor bases on neural network model of drying process. Estimation of reliability of results is made by method Dempster–Shafer.