

## МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЛАЖНОСТИ ПАСТООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**С.В. Артемова, А.С. Назаров, П.А. Подхватилин**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»; ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор Д.М. Мордасов*

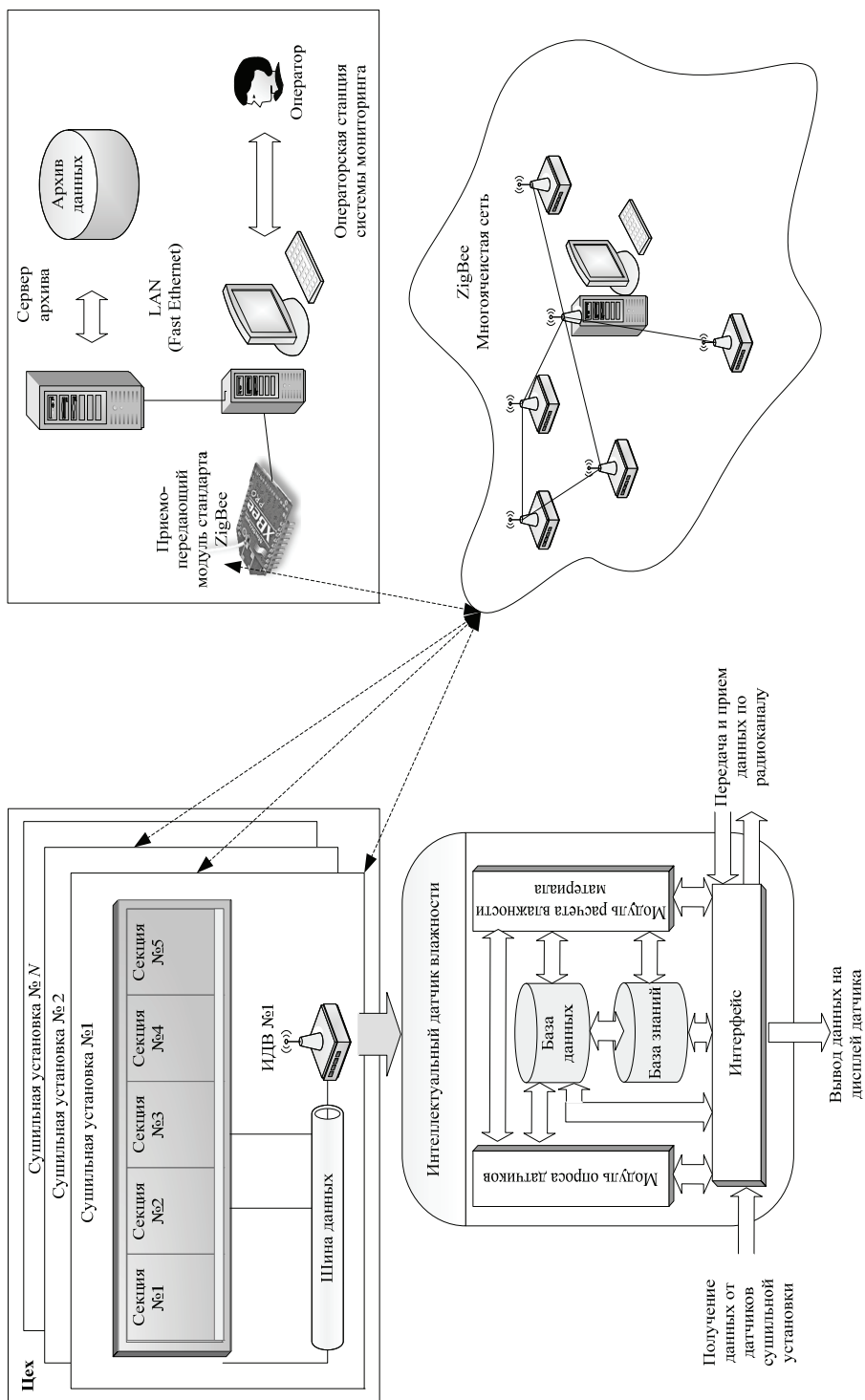
**Ключевые слова и фразы:** аналитическая модель оценки влажности; беспроводная сеть передачи данных; интеллектуальный датчик влажности; микропроцессорная система; мониторинг влажности; нейронные сети.

**Аннотация:** Рассмотрены особенности технического и математического обеспечения микропроцессорной системы мониторинга влажности пастообразных материалов. Предложено при организации передачи данных от сушильных установок, распределенных по различным цехам предприятия, к операторской станции использовать открытый стандарт беспроводной связи.

Большое влияние на качественные показатели конечного продукта оказывает соблюдение технологического режима сушки пастообразных материалов в многосекционных сушильных установках вальцеленточного типа. В связи с этим, возникает необходимость непрерывного и оперативного мониторинга основных режимных параметров процесса сушки. К одному из значимых параметров, оказывающих влияние на качество выпускаемого продукта, можно отнести относительную влажность материала на стадиях сушки, характеризующихся максимальным влагосъемом [1]. Контроль влажности предлагается осуществлять с использованием микропроцессорной системы мониторинга влажности пастообразного материала (рисунок). Функционирование микропроцессорной системы мониторинга

---

Артемова Светлана Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ТамбГТУ, e-mail: СВЕТА\_Art@gambler.ru; Назаров Александр Сергеевич – аспирант кафедры компьютерного и математического моделирования института математики, физики, информатики, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина»; Подхватилин Павел Александрович – студент, ТамбГТУ, г. Тамбов.



**Микропроцессорная система мониторинга влажности пастообразных материалов**

осуществляется на базе интеллектуальных датчиков влажности (ИДВ) пастообразных материалов.

Основой технического обеспечения ИДВ является микроконтроллер MSP430 фирмы Texas Instruments. В устройстве используются датчики влажности и температуры SH15 фирмы Sensirion. Для хранения необходимой информации применяется постоянная память DataFlash. В состав программного обеспечения ИДВ входят: модуль опроса датчиков, модуль расчета влажности материала, базы знаний и данных. В качестве математического обеспечения микропроцессорной системы используются нейросетевые модели косвенного измерения влажности пастообразного материала в процессе сушки.

Определение влажности материала  $\varphi_i^k$  на выходе  $i$  камеры (характеризующейся максимальным влагосъемом) производится следующим образом. Измерения факторов, влияющих на процесс сушки, проводят группами датчиков – общими и датчиками, установленными в  $i$ -й камере. В рассматриваемой  $i$ -й камере имеется воздухозаборное окно, обеспечивающее приток сушильного агента в камеру. Подогрев сушильного агента осуществляется в паровом калорифере. Отработанный сушильный агент отводится через сбросной шибер вытяжным вентилятором, который работает в циклическом режиме. Циклический режим отвода сушильного агента осуществляется включением и выключением вытяжного вентилятора; включение вентилятора происходит по достижению заданной максимальной, а выключение – по достижению заданной минимальной влажности сушильного агента. Сигналы, поступающие с датчиков, нормализовав, подают на входы заранее обученной нейронной сети, с выхода которой в реальном времени получают оценку текущей влажности материала в  $i$ -й камере.

Общие датчики предназначены для определения: влажности и температуры окружающей среды; включения/выключения вытяжного вентилятора; наличия/отсутствия ворошителя; скорости движения пластинчатого конвейера. Датчики, установленные в  $i$ -й камере, предназначены для определения: влажности и температуры сушильного агента, степени открытия воздухозаборного окна и шибера. На основании информации, полученной от датчиков, и известного значения начальной влажности материала рассчитываются значения входов нейронной сети.

Входами сети являются нормализованные значения:  $x_1$  – начальная влажность материала;  $x_2, x_3$  – температура и влажность окружающей среды;  $x_4$  – скорость движения пластинчатого конвейера;  $x_5$  – наличие или отсутствие ворошителя;  $x_6$  – процент времени работы вытяжного вентилятора;  $x_7, x_8$  – средневзвешенные температура и влажность сушильного агента в  $i$ -й камере соответственно;  $x_9, x_{10}$  – процент открытия воздухозаборного окна и сбросного шибера. Обучение нейронной сети организуют по образцовым мерам технологических параметров в адаптивном диапазоне  $i$ -й камеры с фиксированной точностью. Нормализация данных производится по формуле



Каждая сушильная установка снабжается модулем XBee ZNet 2,5 – законченным узлом со встроенным микроконтроллером и последовательным интерфейсом UART, способным самостоятельно организовывать соединение внутри сети с многочастотной топологией и передавать в сеть данные, поступающие от микроконтроллера сушильной установки.

Микропроцессорная система мониторинга влажности функционирует следующим образом. После включения питания ИДВ производится его настройка. В модуль расчета влажности передаются знания о структуре нейронных сетей из базы знаний и статические данные из базы данных. Модуль опроса датчиков производит опрос датчиков. Данные, полученные от датчиков, записываются в оперативную память, а затем по ним осуществляется расчет средних значений времени работы вытяжного вентилятора в процентах, а также температуры и влажности сушильного агента в камерах. Эта информация сохраняется в базе данных.

По окончании настройки постоянно производится опрос общих датчиков. Данные записываются в базу данных, а затем передаются в модуль расчета влажности, где производится их нормализация (1), расчет по моделям относительной влажности материала (2) и ее денормализация (3). Денормализованное значение относительной влажности материала записывается в базу данных. Результаты работы модуля расчета влажности отображаются на дисплее ИДВ, а также направляются через последовательный интерфейс беспроводного модуля XBee ZNet 2,5 на аналогичный беспроводной модуль, который получает данные от всех функционирующих в цехе ИДВ, и передает их на операторскую станцию информационно-измерительной системы мониторинга влажности пастообразного материала по интерфейсу USB. Оператор системы имеет возможность на экране монитора операторской станции контролировать процесс сушки в сушильных установках, оборудованных ИДВ.

Создание микропроцессорной системы мониторинга влажности пастообразного материала преследовало цель выпуска высококачественной продукции за счет непрерывного контроля технологических параметров процесса сушки в реальном времени. Особенностью этой системы является то, что косвенные измерения относительной влажности пастообразного материала проводятся не на выходе сушильной установки, а в камерах, оказывающих наибольшее влияние на процесс сушки. Это дает возможность оператору в случае, когда относительная влажность материала превышает допустимую, оперативно изменить настройки сушильной установки и досушить партию материала с требуемым качеством.

*Работа выполнена в рамках государственного контракта № 14.741.12.0150 федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.*

#### *Список литературы*

1. Лыков, М.В. Сушка в химической промышленности / М.В. Лыков. – М. : Химия, 1970 – 432 с.

## **Microprocessor-Based System for Monitoring of Moisture Content of Pasty Materials**

**S.V. Artemova, A.S. Nazarov, P.A. Podkhvatilin**

*Tambov State Technical University;  
Tambov State University named G.R. Derzhavin, Tambov*

**Key words and phrases:** analytical model for assessing moisture content; intelligent moisture sensor; microprocessor-based system; monitoring of moisture content; neural network; wireless data network.

**Abstract:** The article considers the features of technical and mathematical support for microprocessor-based system for monitoring of moisture content of pasty materials. We propose to use an open standard of wireless communication to organize data transfer from drying plants, which are located in various points of the facility, to the operator's station.

---

© С.В. Артемова, А.С. Назаров, П.А. Подхватилин, 2011