

**РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
ДЛЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ**

**DEVELOPMENT OF AN INTELLECTUAL COMPLEX
FOR ADAPTIVE CONTROL
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES
IN THE TEXTILE INDUSTRY
USING NEURAL NETWORK CONTROLLERS**

*Е.Б. КАРЕЛИНА, М.Г. БАЛЫХИН, И.М. ДОННИК, М.М. БЛАГОВЕЩЕНСКАЯ,
И.Г. БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ, З.В. МАКАРОВСКАЯ, Д.Ю. КЛЕХО*
*E.B. KARELINA, M.G. BALYKHIN, I.M. DONNIK, M.M. BLAGOVESHCHENSKAYA,
I.G. BLAGOVESHCHENSKY, Z.V. MAKAROVSKAYA, D.Yu. KLEKHO*

**(Московский государственный университет пищевых производств,
Российский государственный гуманитарный университет)**

**(Moscow State University of Food Productions,
Russian State University for the Humanities)**

E-mail: Liza200785@gmail.com

В современных геополитических условиях развития России на первый план выходит активный рост отечественных отраслей промышленности, в том числе и текстильной. Как и во многих областях, в текстильной промышленности применяются различные роботизированные системы, которые, конечно же, значительно упрощают производство и повышают качественные характеристики товара, но при этом требуют контроля, мониторинга и точного управления. Адаптивное управление данными системами не всегда возможно ввиду наличия человеческого фактора. В связи с этим в статье рассматривается разработка интеллектуального комплекса, предназначенного для непрерывного регулирования и прогнозирования качественных параметров готовой продукции. Основу разработанного интеллектуального комплекса составляет нейросетевой регулятор, состоящий из различных блоков управления. Данный нейросетевой регулятор на основе входных данных и обученной искусственной нейронной сети формирует управляющие воздействия по регулируемым параметрам и отправляет их либо на пульт оператора-технолога, либо непосредственно на исполнительные механизмы.

In the current geopolitical conditions of Russia's development, the active growth of domestic industries, including textile, comes to the fore. As in many areas, various robotic systems are used in the textile industry, which, of course, greatly simplify production and improve the quality characteristics of the product, but at the same time require control, monitoring and precise management. Adaptive management of these systems is not always possible, due to the presence of the human factor. In this regard, the article considers the development of an intellectual complex designed for continuous regulation and forecasting of quality parameters of finished products.

The basis of the developed intellectual complex is a neural network controller consisting of various control units. This neural network controller, based on input data and a trained artificial neural network, generates control actions according to the regulated parameters and sends them either to the operator-technologist's console or directly to the actuators.

Ключевые слова: система управления, интеллектуальный комплекс, нейросетевой регулятор, искусственная нейросеть, обучение.

Keywords: control system, intellectual complex, neural network controller, artificial neural network, training.

В настоящее время большое значение для нашей страны приобретает развитие собственных отраслей промышленности. В связи с этим возрастают и требования к качеству и безопасности готовой продукции, что существенно влияет на ее конкурентоспособность. Потребление продукции легкой промышленности также ежегодно растет, при этом продукцию из натурального сырья постепенно вытесняют товары, произведенные из химических волокон. Данное направление особо востребовано в авиа- и автомобилестроении, медицине, сельском хозяйстве, военной промышленности, строительстве и ряде других областей. Для реализации подобных технологий необходимо применение различных станков и роботов, которые требуют адаптивного управления в рамках использования их в производственных процессах [1...9].

На практике наиболее часто для стабилизации отдельных параметров технологического процесса используют автоматические регуляторы, а выбор стратегии и режима управления осуществляется на усмотрение операторов-технологов [4]. Такое управление не обеспечивает необходимой точности ввиду наличия человеческого фактора. Технологические процессы текстильной промышленности являются достаточно сложными с множественными нелинейными связями, поэтому использование ПИД-регуляторов не сможет учесть все возможные зависимости и сгладить влияние возмущающих факторов на регулируемые параметры. Исправить ситуацию возможно посредством разработки адаптивных автоматизированных систем управления технологическими процессами. Для решения данной зада-

чи предлагается внедрение и использование интеллектуальных технологий в существующую автоматизированную систему на основе нейросетевого регулятора.

Разработка нейросетевого регулятора включает в себя три основных этапа: анализ автоматизированной системы управления технологическим процессом как объекта автоматизации, разработка самого нейросетевого регулятора, а также его интеграция в существующую АСУ [1]. На рис. 1 представлена структурная схема системы управления нейросети, впитавшей в себя опыт оператора.

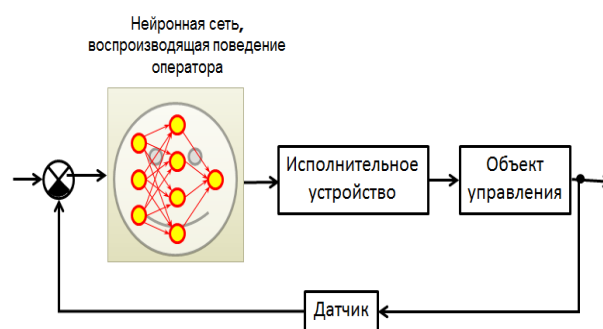


Рис. 1

Все данные о ходе технологического процесса получают с датчиков, суммируются с возмущающими воздействиями, результатами обратной связи и сравниваются с заданием, далее передаются на нейросеть, воспроизводящую поведение оператора. Нейронная сеть или нейросетевой регулятор на основе всех вышеперечисленных данных формирует управляющие воздействия и передает их на различные исполнительные механизмы, отвечающие за стабилизацию отдельных контролируемых параметров [2]. Разработанный нейросетевой регулятор вы-

полнен в виде информационно-вычислительного комплекса, его структура изображена на рис. 2.

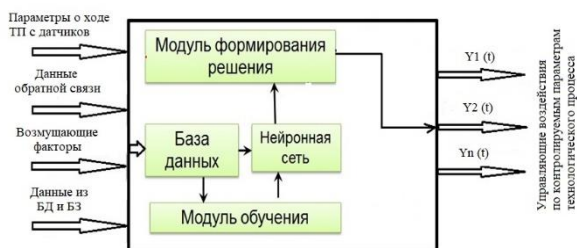


Рис. 2

На вход разработанного регулятора подаются данные о ходе технологического процесса с датчиков, значения возмущающих параметров и информация из базы данных или базы знаний о заранее прописанных правилах. Нейросетевой регулятор состоит из четырех основных блоков. От системы сбора данных, например SCADA-системы, сведения о параметрах и возмущающих воздействиях объекта управления поступают в базу данных, которая передает параметры на модуль обучения, где происходит обучение нейросети. Вместе с входными параметрами база данных передает на нейросеть так-

же предыдущие значения регулируемых параметров (обратная связь), значения управляющих воздействий, информацию об исходном качестве сырья и о правилах ведения процесса.

Все эти параметры передаются либо сразу на нейросеть, либо, если это необходимо, на модуль обучения. Далее обученная нейросеть посредством модуля формирования решения выдает рекомендации об управлении технологическим процессом на соответствующие исполнительные механизмы.

В основе нейросетевого регулятора лежит нейронная сеть прямого распространения типа многослойный персептрон с одним скрытым слоем и тремя выходными параметрами [3]. Для различных задач и технологических процессов количество выходных, то есть контролируемых параметров можно менять. Количество скрытых слоев, как правило, остается неизменным, а количество нейронов каждого слоя можно подобрать экспериментально. В данной сети каждый нейрон предыдущего слоя связан со всеми нейронами последующего слоя. Структура искусственной нейронной сети с тремя выходными параметрами представлена на рис. 3.

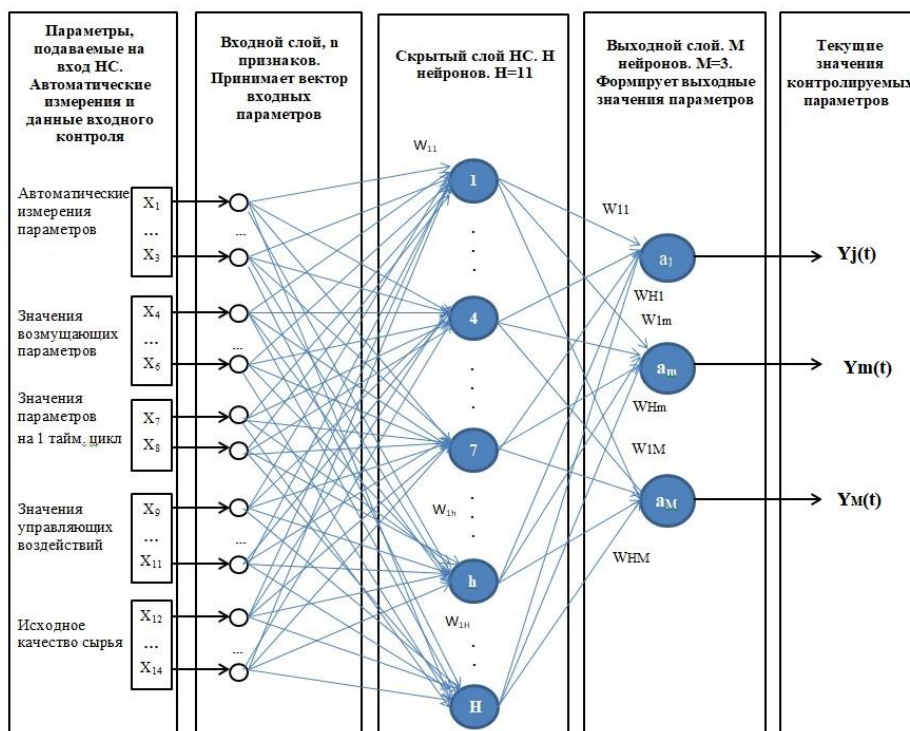


Рис. 3

На входной слой нейросети подается вектор входных параметров X_n , зависящих от конкретного технологического процесса. Каждый нейрон скрытого слоя подает на нейроны выходного слоя сигнал весов синаптических связей. Таковых нейронов в скрытом слое в данном случае одиннадцать. Веса синаптических связей между h -м нейроном скрытого слоя и m -м нейроном выходного слоя обозначены через W_{hm} . Изменение синаптических весов происходит по градиентному методу обратного распространения ошибки. Обучение нейросети проводилось с учителем.

В общем виде обучение нейросети представлено структурной схемой на рис. 4 (схема обучения нейросети градиентным методом обратного распространения ошибки).

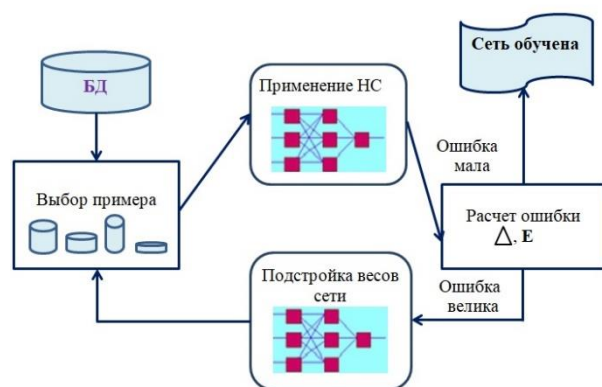


Рис. 4

Нелинейность технологических процессов текстильной промышленности и недостаточную определенность параметров ПИД-управления возможно достаточно эффективно решить, используя нейронную сеть с обратным распространением ошибки. Это достигается посредством возможности аппроксимации любой нелинейной функции, простотой структуры сети и особенностями алгоритма обучения. Данная нейронная сеть непосредственно выполняет функции регулятора. Проанализировав работоспособность данной нейросетевой модели, был сделан вывод о наличии ошибки обучения, равной 3%. При этом максимально допустимая ошибка обучения для подобных систем составляет 5%, что говорит о корректной работе модели [5].

Таким образом, применение нейросетевого регулятора для адаптивного управления контролируемыми величинами позволяет учитывать влияние каждого параметра на качество готовой продукции. При помощи статистической обработки данных полученные значения сравниваются с контрольными показателями, и рассчитывается ошибка работы системы. Данный метод позволит улучшить адаптационные способности регулятора за счет применения более гибкой технологии управления, повысить качество управления и, следовательно, качественные показатели технологического процесса, повысить экономическую эффективность производства в результате более точного поддержания основных технологических параметров и соответственно снижения расхода материальных и энергетических ресурсов, уменьшения процента порчи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Благовещенская М.М. Основы стабилизации процесса приготовления многокомпонентных масс. – М.: Изд-во Франтера, 2009.
3. Благовещенский И.Г., Аитов В.Г., Благовещенская М.М., Носенко А.С. О создании автоматизированной экспертной системы органолептической оценки качества пищевых продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015, №4. С. 53...57.
4. Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Шаверин А.В. Автоматизация контроля показателей вкуса шоколадных изделий на основе использования нейронных сетей // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2012, №8. С. 50...52.
5. Благовещенский И.Г., Назойкин Е.А., Татаринцев А.В. Основы создания экспертных систем контроля качества пищевых продуктов с использованием интеллектуальных технологий // Пищевая промышленность. – 2017, №4. С. 60...63.
6. Аитов В.Г., Благовещенский И.Г., Благовещенская М.М., Носенко А.С. О создании автоматизированной экспертной системы органолептической оценки качества пищевых продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015, №4. С. 53...57.
7. Благовещенский И.Г., Бальхин М.Г., Борзов А.Б. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий. – М.: Изд-во Франтера. 2017.

8. Благовещенский И.Г., Савостин С.Д., Благовещенская М.М. Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий. – М.: Изд-во Франтера, 2016.

9. Благовещенский И.Г., Бальхин М.Г., Борзов А.Б. Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции // Пищевая промышленность. – 2017, №11. С.60...63.

REFERENCES

1. Blagoveshchenskaya M.M., Zlobin L.A. Informatsionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami. – М.: Vysshaya shkola, 2010.

2. Blagoveshchenskaya M.M. Osnovy stabilizatsii protsessa prigotovleniya mnogokomponentnykh mass. – М.: Изд-во Франтера, 2009.

3. Blagoveshchenskiy I.G., Aitov V.G., Blagoveshchenskaya M.M., Nosenko A.S. O sozdaniy avtomatizirovannoy ekspertnoy sistemy organolepticheskoy otsenki kachestva pishchevykh produktov // Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya. – 2015, №4. S. 53...57.

4. Blagoveshchenskiy I.G., Blagoveshchenskaya M.M., Shaverin A.V. Avtomatizatsiya kontrolya pokazateley vkusa shokoladnykh izdeliy na osnove ispol'zovaniya neyronnykh setey // Khranenie i pererabotka sel'skhozaystvennogo syr'ya. – 2012, №8. S. 50...52.

5. Blagoveshchenskiy I.G., Nazoykin E.A., Tatarinov A.V. Osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya kachestva pishchevykh produktov s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologiy // Pishchevaya promyshlennost'. – 2017, №4. S. 60...63.

6. Aitov V.G., Blagoveshchenskiy I.G., Blagoveshchenskaya M.M., Nosenko A.S. O sozdaniy avtomatizirovannoy ekspertnoy sistemy organolepticheskoy otsenki kachestva pishchevykh produktov // Khranenie i perera-botka sel'khozsyrya. – 2015, №4. S. 53...57.

7. Blagoveshchenskiy I.G., Balykhin M.G., Borzov A.B. Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoy produktsii s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologiy. – М.: Изд-во Франтера, 2017.

8. Blagoveshchenskiy I.G., Savostin S.D., Blagoveshchenskaya M.M. Avtomatizatsiya kontrolya pokazateley kachestva muki v protsesse razmola s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologiy. – М.: Изд-во Франтера, 2016.

9. Blagoveshchenskiy I.G., Balykhin M.G., Borzov A.B. Arkhitektura i osnovnaya kontseptsiya sozdaniya intellektual'noy ekspertnoy sistemy kontrolya kachestva pishchevoy produktsii // Pishchevaya promyshlennost'. – 2017, №11. S.60...63.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами МГУПП. Поступила 12.04.19.