

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ БЕСТАРНОГО ХРАНЕНИЯ МУКИ

Е.Б. Карелина¹, Д.Ю. Клехо², Ю.П. Батырев³

¹ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

²ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет», 125993, г. Москва, Миусская площадь, д. 6

³МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

Liza200785@gmail.com

Рассмотрена разработка нейросетевого регулятора (НС-Р) в виде информационно-вычислительного комплекса, основу которого составляет нейронная сеть прямого распространения типа многослойный персептрон с одним скрытым слоем и тремя выходными параметрами. Приведено подробное описание основных этапов создания НС-Р и его интеграции в технологический процесс. Представлена структура, позволяющая осуществить сбор данных, структурировать их в базе, передать на нейронную сеть, произвести при необходимости обучение и направить преобразованную информацию в модуль формирования решения для адаптивного управления. Разработана имитационная модель технологического процесса хранения муки в среде AnyLogic с включенным НС-Р в виде программного модуля. Показано, что использование НС-Р позволит снизить общее время созревания муки, поддержать качественные параметры на стабильном уровне без существенных перепадов, а также исключить случайные ошибки, обусловленные человеческим фактором.

Ключевые слова: система управления, микроклимат, силос, бестарное хранение, нейросетевой регулятор, структура, искусственная нейронная сеть

Ссылка для цитирования: Карелина Е.Б., Клехо Д.Ю., Батырев Ю.П. Разработка интеллектуальной системы управления технологическим процессом бестарного хранения муки // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 1. С. 124–130. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-1-124-130

В настоящее время в РФ большое значение придается развитию сельского хозяйства и пищевой промышленности. В связи с этим возросли требования к качеству и безопасности готового продукта, которые бы обеспечивали его конкурентоспособность. Среди множества отраслей пищевой промышленности одной из важнейших признана мукомольная. Наряду с производством муки, соответствующим стандартам и требованиям безопасности, важнейшее значение имеют ее хранение и созревание [1–4].

Цель работы

Целью работы является повышение эффективности технологического процесса хранения муки и адаптационных свойств системы управления технологическим процессом в целом.

Материалы и методы

На современных мелькомбинатах применяют бестарный способ хранения муки в силосах, который позволяет упростить и улучшить процесс хранения, однако не обеспечивает стабилизацию режимных параметров технологического процесса и подвержен различным возмущающим факторам. Это может изменить показатели качества хранимого сырья, в частности вызвать превышение их предельно-допустимых значений, т.е. к порче муки. Для обеспечения высокого качества муки при ее бестарном хра-

нении и созревании целесообразно управлять параметрами микроклимата в силосе, поскольку они напрямую взаимосвязаны между собой. Используя данные множественных литературных источников и, исходя из опыта технологов, в качестве параметров микроклимата выбраны температура и влажность воздуха, а также содержание углекислого газа в силосе, наличие которого недопустимо при хранении и созревании муки [5, 13].

На практике для стабилизации отдельных параметров микроклимата наиболее часто используют автоматические регуляторы, а выбор стратегии и режима управления осуществляется на усмотрение операторов-технологов. Такой подход не позволяет достичь высокого уровня автоматизации, необходимого в современных условиях и сильно подвержен человеческому фактору. Классические ПИД-регуляторы не могут учесть нелинейное влияние множества возмущающих факторов на регулируемые параметры микроклимата. Достижение высокого качества возможно с помощью адаптивных автоматизированных систем управления технологическими процессами. Для их создания предлагается внедрение и использование интеллектуальных технологий в существующую автоматизированную систему. Наиболее перспективным здесь представляется разработка и интеграция НС-Р.

Результаты и обсуждение

Реализация НС-Р включает в себя этапы изучения технологического процесса как объекта автоматизации и внедрения интеллектуальных технологий в производство (рис. 1).

На всех этапах разработки НС-Р следует вести и использовать базы данных, включающие в себя автоматически измеряемые, контролируемые и управляющие параметры. Кроме того, важно сформулировать правила ведения технологического процесса бестарного хранения муки в силосах для дальнейшего формирования управляющих воздействий НС-Р.

Разработанный НС-Р выполнен в виде информационно-вычислительного комплекса (рис. 2) [6].

Основными элементами данного комплекса являются база данных, нейронная сеть, модуль обучения и модуль формирования решения. От SCADA — системы Trace Mode (использовать можно любую Scada) на вход НС-Р подается информация об автоматически измеряемых параметрах (контролируемых, контролирующих и возмущающих), которая поступает в базу данных и определенным образом структурируется в ней. Далее информация поступает на модуль обучения, где собственно и происходит обучение нейросети по определенному алгоритму. Вместе с входными параметрами база данных также передает на нейросеть предыдущие значения параметров микроклимата, значения управляющих воздействий и информацию об исходном качестве сырья. Это необходимо для придания динамических свойств данной нейронной сети [7, 11, 12, 17].

Далее обученная нейросеть посредством модуля формирования решения выдает рекомендации об управлении технологическим процессом оператору-технологу либо направляет управляющие воздействия непосредственно на исполнительные механизмы, при полной автоматизации режима управления. Соответственно, на выходе НС-Р выдаются физические величины управляющего воздействия на температуру $V_T(t)$, влажность $V_M(t)$, а также управляющее воздействие, исключающее появление CO_2 в силосе — $V_{\text{CO}_2}(t)$.

В основе НС-Р лежит нейронная сеть прямого распространения типа «многослойный перцептрон» с одним скрытым слоем и тремя выходными параметрами. В данной сети каждый нейрон предыдущего слоя связан со всеми нейронами последующего слоя (рис. 3).

На входной слой нейросети подается вектор входных параметров X_n (таблица). Каждый нейрон скрытого слоя подает на нейроны выходного слоя сигнал весов синаптических связей. Таковых нейронов в скрытом слое — 11. Вес синаптических связей между h -м нейроном скрытого слоя и m -м нейроном выходного слоя обозначены через w_{hm} . Изменение синаптического веса происходит по градиентному методу обратного распространения ошибки. Обучение нейросети проводилось с учителем.

Взаимодействие искусственной нейронной сети с обратным распространением ошибки может эффективно решать задачи, связанные с недостаточной определенностью параметров ПИД-управления. Это объясняется возможностью нейронной сети аппроксимировать любую нелинейную функцию, простотой структуры сети и особенностями алгоритма обучения.



Рис. 1. Схема реализации НС-Р

Fig. 1. The implementation scheme of the NS-R

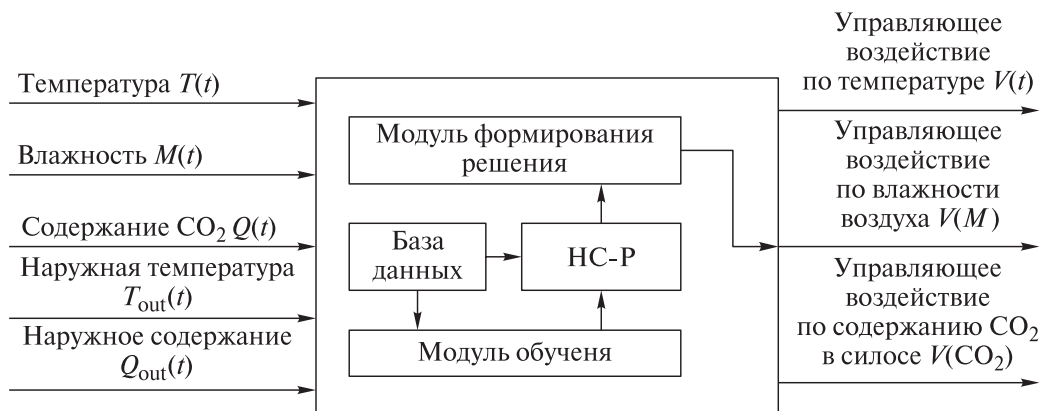


Рис. 2. Структура НС-Р
Fig. 2. The structure of the NS-R

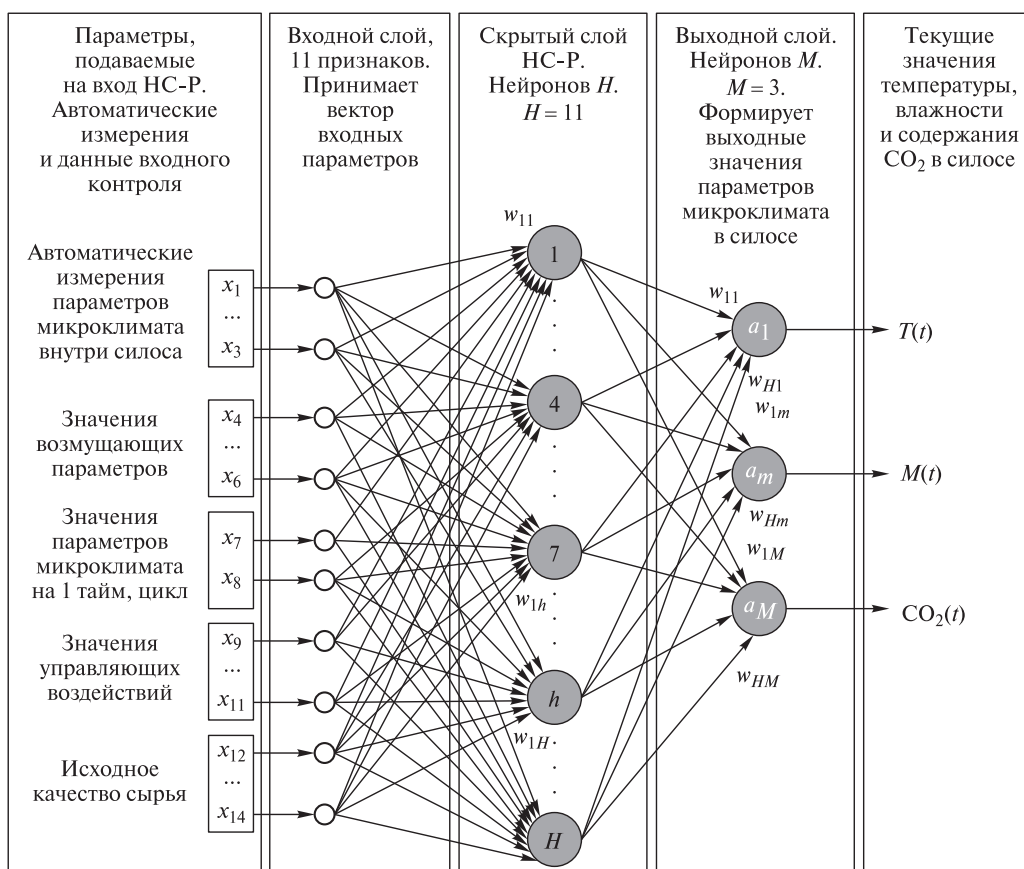


Рис. 3. Структура искусственной нейронной сети с тремя выходными параметрами
Fig. 3. The structure of an artificial neural network with three output parameters

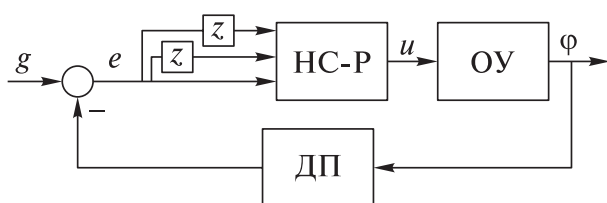


Рис. 4. Структурная схема системы управления с использованием НС-Р: НР — нейросетевой регулятор; ДП — датчик сбора параметров технологического процесса; ОУ — объект управления

Fig. 4. The structural diagram of the control system using NS-R: НР — нейросетевой регулятор; ДП — sensor for collecting process parameters; ОУ — control object

Параметры, подаваемые на вход нейросети
Parameters supplied to the neural network input

| Обозначение | Параметр | Обозначение | Параметр |
|-------------|---|-------------|--|
| X_1 | Температура внутри силоса, $T(t)$ | X_8 | Предыдущее значение влажности воздуха внутри силоса, $M(t-1)$ |
| X_2 | Влажность воздуха внутри силоса, $M(t)$ | X_9 | Количество тепла за единицу времени, поступающее от системы обогрева, $Q_{\text{пост}}(t)$ |
| X_3 | Содержание CO_2 в силосе, Q_{CO_2} | X_{10} | Количество свежего воздуха, поступающего в силос от системы вентиляции, $G_{\text{свеж}}(t)$ |
| X_4 | Температура наружного воздуха, $T_n(t)$ | X_{11} | Расход пара от системы увлажнения в силосе, $G_{\text{пар}}(t)$ |
| X_5 | Влажность свежего воздуха, $M_n(t)$ | X_{12} | Температура поступившей в силос муки, $T_M(t)$ |
| X_6 | Содержание CO_2 в приходящем воздухе | X_{13} | Влажность поступившей в силос муки, $M_M(t)$ |
| X_7 | Предыдущее значение температуры воздуха внутри силоса, $T(t-1)$ | X_{14} | Масса созревающей в силосе муки, $W_M(t)$ |

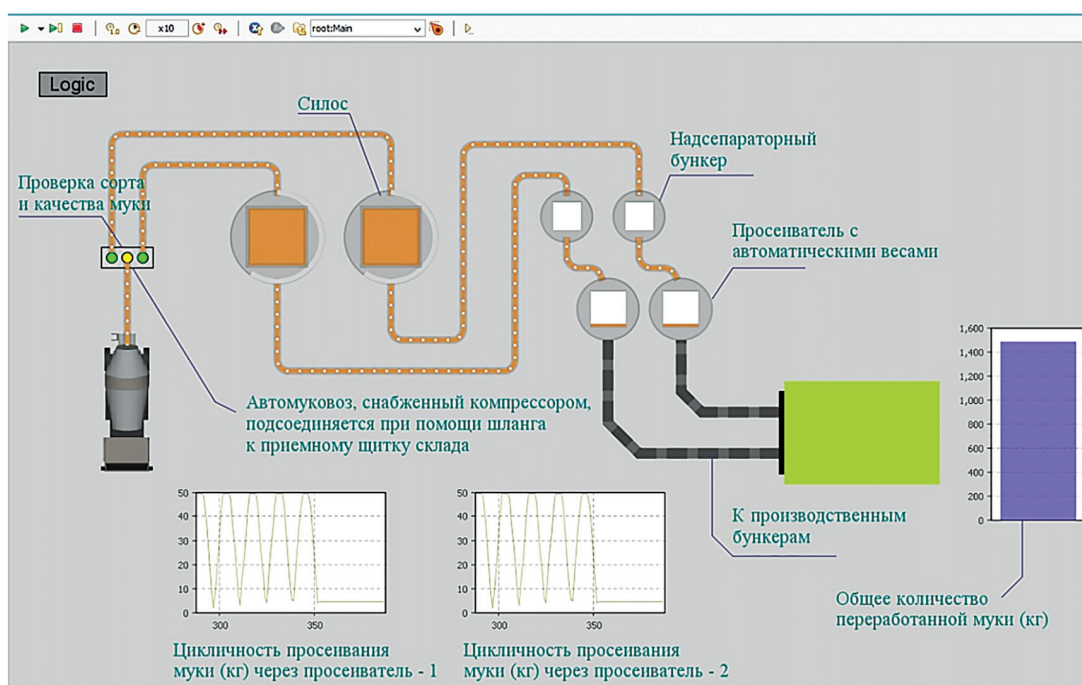


Рис. 5. Имитационная модель технологического процесса бестарного хранения муки
Fig. 5. The simulation model of flour bulk storage technological process

Данная нейронная сеть непосредственно выполняет функции регулятора.

На структурной схеме (рис. 4) представлен классический контур регулирования контролируемых параметров.

В контур управления включен НС-Р, на вход которого подаются параметры g , рассогласование от обратной связи e , а также предыдущие значения регулируемых параметров на один или два таймерных цикла, в зависимости от динамики системы. Приходящие на НС-Р данные обрабатываются и формируется управляющее воздействие U , передаваемое на объект управления, т. е. исполнительные механизмы, отвечающие за регулировку необходимых параметров [8, 10, 15, 16].

Проводить эксперименты и каждый раз тестировать разработанный НС-Р на реальном технологическом объекте достаточно сложно, а иногда невозможно. В связи с этим была создана двумерная имитационная модель технологического процесса бестарного хранения муки (рис. 5) с подключенной к ней реальной базой данных о режимных параметрах в среде AnyLogic [19, 20].

Данная модель придает реальную динамику системе, включает два временных графика, описывающих цикличность просеивания муки (кг) и столбиковую диаграмму для отображения информации об общем количестве муки, прошедшей этап обработки [9, 14, 18]. Все параметры модели поддаются регулированию для имитации конкретного объема данного технологического процесса

при изменяющихся внешних условиях и возмущающих факторах. НС-Р включен в виде программного модуля, реализующего управляющие воздействия. Имитационная модель (см. рис. 5) при использовании НС-Р демонстрирует снижение общего времени созревания муки, поддержку качественных параметров на стабильном уровне без существенных перепадов, исключение случайных ошибок, обусловленных человеческим фактором.

Выводы

Разработка и интеграция НС-Р в автоматической системе управления технологическим процессом склада бестарного хранения муки позволяет:

- повысить эффективность производства вследствие сокращения времени созревания муки;
- с большей точностью управлять режимными параметрами;
- уменьшить материальные и ресурсные потери за счет уменьшения процента порчи продукции;
- повысить адаптационные свойства всей системы управления.

Список литературы

- [1] Савостин С.Д., Жирнова Е.В. Создание системы менеджмента качества на мукомольном предприятии, методические и практические решения // *Материалы I Междунар. науч.-техн. конф. «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины»*. Москва, МГУПП, 13–14 ноября 2012 г. М.: МГУПП, 2012. С. 38–41.
- [2] Виноградов А.И., Савостин С.Д., Благовещенская М.М. Автоматизация размольного отделения мукомольного производства // *Сб. науч. трудов III Междунар. форума «Инновационные технологии обеспечения безопасности и качества продуктов питания. Проблемы и перспективы»*. Москва, МГУПП, 12–14 марта 2014 г. М.: МГУПП, 2014. Ч. 2. С. 13–18.
- [3] Стрелков Е.В., Савостин С.Д. Задачи повышения эффективности автоматизированного контроля на мукомольном производстве // *Русский инженер*, 2014. № 1 (40). С. 50–51.
- [4] Шаверин А.В. Автоматизация контроля показателей вкуса шоколадных изделий: дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 148 с.
- [5] Карелина Е.Б., Клехо Д.Ю. Программные комплексы для изучения нейросетевых систем управления // *Сб. науч. трудов I науч.-практ. конф. «Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста»*. Москва, МГУПП, 29–30 ноября 2018 г. М.: МГУПП, 2018. С. 681–686.
- [6] Карелина Е.Б., Клехо Д.Ю. Разработка алгоритма работы интеллектуального комплекса для адаптивного управления технологическим процессом бестарного хранения муки // *Сб. науч. трудов I науч.-практ. конф. «Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста»*. Москва, МГУПП, 29–30 ноября 2018 г. М.: МГУПП, 2018. С. 687–692.
- [7] Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. М.: Высшая школа, 2010. 768 с.
- [8] Елисеев В.Л. Разработка и исследование нейросетевых алгоритмов управления стационарными и нестационарными объектами: дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 208 с.
- [9] Ивашкин Ю.А., Назойкин Е.А. Моделирование систем. Структурно-параметрические и агентно-ориентированные технологии. М.: МГУПП, 2010. 134 с.
- [10] Благовещенская М.М., Благовещенский И.Г., Назойкин Е.А. Методика автоматической оценки качества пищевых изделий на основе теории искусственных нейронных сетей // *Пищевая промышленность*, 2015, № 2. С. 42–45.
- [11] Донской Д.А. Моделирование искусственных нейронных сетей в системе Matlab. Ч. 3. Радиальные базисные сети: метод. Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2005. 63 с.
- [12] Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Кн. 1. СПб.: Деан, 2006. 551 с.
- [13] Савостин С.Д. Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий: дис. ... канд. техн. наук. М., МГУПП, 2014.
- [14] Благовещенская М.М. Основы стабилизации процессов приготовления многокомпонентных пищевых масс. М.: Франтера, 2009. 281 с.
- [15] Пешко М.С. Адаптивная система управления параметрами микроклимата процессов производства и хранения пищевых продуктов: дис. ... канд. техн. наук. Омск, 2015.
- [16] Семенов В.Г. Математическая модель микроклимата теплицы // *Известия ВолгГТУ*, 2009. № 6. С. 32–35.
- [17] Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. М.: Радиотехника, 2009. 392 с.
- [18] Balykhin M.G., Blagoveshchenskaya M.M., Blagoveshchensky I.G., Karelina E.B. Development of train aid on discipline «Quality management» in system of higher education // *5-th Int. conf. on social sciences and arts. SGEM. Ser. Ancience science*, 2018. Pp. 197–204.
- [19] Благовещенская М.М., Назойкин Е.А., Благовещенский И.Г., Карелина Е.Б. Использование множества алгоритмов идентификации при реализации адаптивных систем управления // *Сб. материалов XV междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых «Живые системы и биологическая безопасность населения»*. Москва, МГУПП, 2017. М.: МГУПП, 2017. С. 105–108.
- [20] Назойкин Е.А., Благовещенский И.Г. Идентификация производственных процессов с использованием методов имитационного моделирования // *Материалы конф. «Современное состояние и перспективы развития упаковки в пищевой промышленности»*, Москва, МГУПП, 5 апреля 2018 г. М.: МГУПП, С. 97–102.

Сведения об авторах

Карелина Екатерина Борисовна — ст. преподаватель кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами», Московский государственный университет пищевых производств, Liza200785@gmail.com

Клехо Дмитрий Юрьевич — доцент кафедры «Информационные технологии и системы», Российский государственный гуманитарный университет, канд. техн. наук, Kleho62@mail.ru

Батырев Юрий Павлович — доцент кафедры «Системы автоматического управления», канд. техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), batyrev@mgul.ac.ru

Поступила в редакцию 11.09.2019.

Принята к публикации 09.12.2019.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT PROCESS CONTROL SYSTEM FOR FLOUR BULK STORAGE

E.B. Karelina¹, D.Yu. Klekho², Yu.P. Batyrev³

¹Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, 125080, Moscow, Russia

²Russian State University for the Humanities, 6, Miusskaya square, 125993, Moscow, Russia

³BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

Liza200785@gmail.com

The flour milling industry is one of the most popular industries in the Russian Federation. In this regard, the requirements for the quality of raw materials and finished products are increasing. It is not enough just to grind the flour, it is very important to maintain and improve its quality indicators in the process of maturation and storage. These processes are quite complex, with many interrelated factors. Classic regulators will not be able to solve this problem, so it is advisable to use intelligent technology to create adaptive process control. The article proposes the development of a neural network controller in the form of an information-computing complex, which is based on a neural network of direct propagation type multilayer perceptron with one hidden layer and three output parameters. The main stages of the neuroregulator creation and its integration into the technological process are given and described in detail. The structure consisting of four elements allowing to carry out data collection, to structure them in base, to transfer on a neural network, to make if necessary training and to direct the pre-formed information in the module of formation of the decision for adaptive management is presented. A simulation model of the technological process of flour storage in AnyLogic environment, with the included neural network controller in the form of a software module, showing that the use of the neuroregulator will reduce the total time of flour maturation, maintain quality parameters at a stable level without significant differences, and eliminate accidental errors caused by the human factor.

Keywords: control system, microclimate, silo, bulk storage, neural network controller, structure, artificial neural network

Suggested citation: Karelina E. B., Klekho D. Yu., Batyrev Yu.P. *Razrabotka intellektual'noy sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessom bestarnogo khraneniya muki* [Development of an intelligent process control system for flour bulk storage]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 1, pp. 124–130. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-1-124-130

References

- [1] Savostin S.D., Zhirnova E.V. *Sozdanie sistemy menedzhmenta kachestva na mukomol'nom predpriyatii, metodicheskie i prakticheskie resheniya* [Creation of quality management system at the flour mill, methodical and practical solutions] *Materialy I Mezhd. nauchno-tekhn. konf. «Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otrasley pishchevoy promyshlennosti i meditsiny»* [Materials I Int. scientific and technical conf. "Planning and ensuring the training and retraining of personnel for the food industry and medicine", Moscow, MGUPP, November 13–14, 2012. M.: MGUPP, 2012. P. 38–41.] Moscow: MGUPP, 2012, pp. 38–41.
- [2] Vinogradov A.I., Savostin S.D., Blagoveshchenskaya M.M. *Avtomatizatsiya razmol'nogo otdeleniya mukomol'nogo proizvodstva* [Automation of the mill production grinding compartment] *Sb. nauchnykh trudov III Mezhd. foruma «Innovatsionnye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti i kachestva produktov pitaniya. Problemy i perspektivy»* [Innovative technologies to ensure food safety and quality. Challenges and prospects: Collected papers] Moscow, MGUPP, March 12–14, 2014. Moscow: MGUPP, 2014, part 2, pp. 13–18.
- [3] Strelkov E.V., Savostin S.D. *Zadachi povysheniya effektivnosti avtomatizirovannogo kontrolya na mukomol'nom proizvodstve* [The problem of increasing the effectiveness of automated control for the milling industry] *Russkiy inzhener* [Russian engineer], 2014, no. 1 (40), pp. 50–51.

- [4] Shaverin A.V. *Avtomatizatsiya kontrolya pokazateley vkusa shokoladnykh izdeliy* [Automation of control chocolate products taste indicators] Diss. kand. tekhn. nauk [Dis. Sci. (Tech.)]. Moscow, 2009, 148 p.
- [5] Karelina E.B., Klekko D.Yu. *Programmnye komplekсы dlya izucheniya neyrosetevykh sistem upravleniya* [Software systems for the study of neural network control systems] Sbornik nauchnykh trudov I nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Peredovye pishchevye tekhnologii: sostoyanie, trendy, tochki rosta». [Advanced food technologies: status, trends, points of growth: Collected papers]. Moscow, MGUPP, November 29–30, 2018. Moscow: MGUPP, 2018, pp. 681–686.
- [6] Karelina E.B., Klekko D.Yu. *Razrabotka algoritma raboty intellektual'nogo kompleksa dlya adaptivnogo upravleniya tekhnologicheskim protsessom bestarnogo khraneniya muki* [Development of the intelligent complex algorithm for adaptive control of the technological process of flour bulk storage] Sbornik nauchnykh trudov I nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Peredovye pishchevye tekhnologii: sostoyanie, trendy, tochki rosta» [Advanced food technologies: status, trends, points of growth: Collected papers] Moscow, MGUPP, November 29–30, 2018. Moscow, MGUPP, 2018, pp. 687–692.
- [7] Blagoveshchenskaya M.M., Zlobin L.A. *Informatsionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi protses-sami* [Information technologies of process control systems]. Moscow: Vysshaya shkola [Higher school], 2010. 768 p.
- [8] Eliseev V.L. *Razrabotka i issledovanie neyrosetevykh algoritmov upravleniya statsionarnymi i nestatsionarnymi ob'ektami* [Development and research of neural network control algorithms for stationary and non-stationary objects] Diss. kand. tekhn. nauk [Diss. Sci. (Tech.)], Moscow, 2012, 208 p.
- [9] Ivashkin Yu.A., Nazoykin E.A. *Modelirovanie sistem. Strukturno-parametricheskie i agentno-orientirovannye tekhnologii* [Modeling of systems. Structural-parametric and agent-oriented technologies]. Moscow: MGUPP, 2010, 134 p.
- [10] Blagoveshchenskaya M. M., Blagoveshchenskiy I.G., Nazoykin E.A. *Metodika avtomaticheskoy otsenki kachestva pishchevykh izdeliy na osnove teorii iskusstvennykh neyronnykh setey* [The method of automatic assessment of food quality on the basis of the artificial neural networks theory]. Pishchevaya promyshlennost' [Food Industry], 2015, no. 2, pp. 42–45.
- [11] Donskoy D.A. and oth. *Modelirovanie iskusstvennykh neyronnykh setey v sisteme Matlab. Chast' 3. Radial'nye bazisnye seti* [Simulation of artificial neural networks in Matlab. Part 3. Radial basis networks]. Penza: Penzenskiy gos. un-t [Penza State Univ.], 2005, 63 p.
- [12] Nesterov A.L. *Proektirovanie ASUTP* [The design of control systems] Book 1. St. Petersburg: Dean, 2006, 551 p.
- [13] Savostin S.D. *Avtomatizatsiya kontrolya pokazateley kachestva muki v protsesse razmola s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologiy* [Automation of control flour quality indicators in the course of grinding with use of intellectual technologies] Diss. kand. tekhn. nauk [Diss. Sci. [Tech.]. Moscow, MGUPP, 2014.
- [14] Blagoveshchenskaya M.M. *Osnovy stabilizatsii protsessov prigotovleniya mnogokomponentnykh pishchevykh mass* [Fundamentals of the stabilization for preparation processes of multicomponent food masses]. Moscow: Frantera, 2009, 281 p.
- [15] Peshko M.S. *Adaptivnaya sistema upravleniya parametrami mikroklimate protsessov proizvodstva i khraneniya pishchevykh produktov* [Adaptive control system of microclimate parameters of food production and storage processes] Diss. kand. tekhn. nauk [Diss. Sci. (Tech.)], Omsk, 2015.
- [16] Semenov V.G. *Matematicheskaya model' mikroklimate teplitsy* [A mathematical model of the greenhouse microclimate] Izvestiya VolgGTU [Bulletin of the Volgograd State Technical University], 2009, no. 6, pp. 32–35.
- [17] Vasil'ev V.I., Il'yasov B.G. *Intellektual'nye sistemy upravleniya. Teoriya i praktika* [Intelligent control system. Theory and practice]. Moscow: Radiotekhnika [Radio engineering], 2009, 392 p.
- [18] Balykhin M.G., Blagoveshchenskaya M.M., Blagoveshchenskiy I.G., Karelina E.B. Development of train aid on discipline «Quality management» in system of higher education. 5-th International conference on social sciences and arts. SGEM. Ser. «Ancience science», 2018. pp. 197–204.
- [19] Blagoveshchenskaya M.M., Nazoykin E.A., Blagoveshchenskiy I.G., Karelina E.B. *Ispol'zovanie mnozhe-stva algoritmov identifikatsii pri realizatsii adaptivnykh sistem upravleniya* [The use of multiple identification algorithms in the implementation of adaptive control systems]. Zhivye sistemy i biologicheskaya bezopasnost' naseleniya. Sb. materialov XV mezhd. nauchn. konf. studentov i molodykh uchenykh [Living systems and biological safety of the population: Collected papers], Moscow, MGUPP, 2017. Moscow: MGUPP, 2017, pp. 105–108.
- [20] Nazoykin E.A., Blagoveshchenskiy I.G. *Identifikatsiya proizvodstvennykh protsessov s ispol'zovaniem metodov imitatsionno-go modelirovaniya* [Identification of production processes using simulation methods] *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya upakovki v pishchevoy promyshlennosti* [Current state and prospects of packaging development in the food industry]. Moscow, MGUPP, April 5, 2018. Moscow: MGUPP, pp. 97–102.

Author's information

Karelina Ekaterina Borisovna — Senior lecturer of the Department «Automated control systems of biotechnological processes», Moscow state University of food production, Liza200785@gmail.com

Kleho Dmitry Yurievich – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department «Information technologies and systems», Russian State University for the Humanities, Klekko62@mail.ru

Batyrev Yuriy Pavlovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, of the BMSTU (Mytishchi branch), batyrev@bmstu.ru

Received 11.09.2019.

Accepted for publication 09.12.2019.