

ISSN 2414-9845 (Online)
ISSN 2410-0242 (Print)



ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

INNOVATIVE MACHINERY & TECHNOLOGY

Том 9

№ 3

2022

Научно-теоретический и практический журнал

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 9, № 3, 2022

Научно-теоретический и практический журнал
Издается с 2014 года

Главный редактор

Д. И. Фролов, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Зам. главного редактора

А. А. Курочкин, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Редакционная коллегия:

- А. М. Зимняков**, канд. хим. наук, доцент
Пензенский государственный университет,
Пенза, Россия;
- В. М. Зимняков**, д-р экон. наук, профессор
Пензенский государственный аграрный
университет, Пенза, Россия;
- А. И. Купреенко**, д-р техн. наук, профессор
Брянский государственный аграрный университет,
Брянск, Россия;
- В. И. Курдюмов**, д-р техн. наук, профессор
Ульяновская государственная сельскохозяйственная
академия имени П. А. Столыпина, Ульяновск, Россия;
- О. Н. Кухарев**, д-р техн. наук, профессор
Пензенский государственный аграрный
университет, Пенза, Россия;
- В. А. Милюткин**, д-р техн. наук, профессор
Самарский государственный аграрный
университет, Кинель, Россия;
- В. Ф. Некрасевич**, д-р техн. наук, профессор
Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева, Рязань, Россия;
- А. Н. Омаров**, канд. техн. наук, доктор философии
Западно-Казахстанский инновационно-
технологический университет, Уральск, Казахстан;
- С. В. Чекайкин**, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия;
- Г. В. Шабурова**, канд. техн. наук, доцент
Пензенский государственный технологический
университет, Пенза, Россия

Адрес редакции:

Фролов Дмитрий Иванович
г. Пенза, ул. Антонова, д.26 к.209
E-mail: surr@itit58.ru, surr@bk.ru
Сайт: <https://itit58.ru>
Издается 4 раза в год

Журнал «Инновационная техника и технология» включен в
систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ):
<http://www.elibrary.ru>

Входит в международную информационную
систему по сельскому хозяйству AGRIS.

© Фролов Д. И., 2022

INNOVATIVE MACHINERY AND TECHNOLOGY

Volume 9, Issue 3, 2022

Scientific theoretical and practical journal
Issued since 2014

Editor-in-Chief

D. I. Frolov, candidate of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

Deputy-chief editor

A. A. Kurochkin, doctor of technical sciences, professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

Editorial board members:

- A. M. Zimnyakov**, cand. of chemical sciences,
assoc. professor
Penza State University, Penza, Russia;
- V. M. Zimnyakov**, doctor of economic sciences,
professor
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- A. I. Kupreenko**, doctor of technical sciences,
professor
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia;
- V. I. Kurdyumov**, doctor of technical sciences, professor
Ulyanovsk State Agricultural Academy
in honor of P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia;
- O. N. Kuharev**, doctor of technical sciences,
professor
Penza State Agrarian University, Penza, Russia;
- V. A. Milutkin**, doctor of technical sciences,
professor
Samara State Agrarian University, Kinel, Russia;
- V. F. Nekrashevich**, doctor of technical sciences, professor
Ryazan State Agrotechnological University
Named After P.A. Kostychev, Ryazan, Russia;
- A. N. Omarov**, cand. of technical sciences, PhD
West Kazakhstan Innovative
and Technological University, Uralsk, Kazakhstan;
- S. V. Chekaykin**, cand. of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia;
- G. V. Shaburova**, candidate of technical sciences,
associate professor
Penza State Technological University, Penza, Russia

The editorial office address:

Dmitry Ivanovich Frolov
Penza, st. Antonov 26-209
E-mail: surr@itit58.ru, surr@bk.ru
website: <https://itit58.ru>
Issued 4 times a year

“Innovative machinery and technology” is included into the Russian
Scientific Citation Index system:
<http://www.elibrary.ru>
Included in the international information
system for agriculture AGRIS.

© Frolov D. I., 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Изменение функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации

Алехина Н.Н., Пономарева Е.И., Андреанова Т.С. 7

Фруктовое и овощное сырье в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий

Гарькина П.К., Пшеницын Д.С. 12

К вопросу совершенствования технологии квасного суслу

Куручкин А.А., Соболев Е.Г. 17

Применение пюре из фейхоа в технологии пшеничного хлеба

Лукина С.И., Пономарева Е.И., Антипова А.А. 22

Аддитивное производство функциональных продуктов питания на основе пектина

Скоморохова А.И., Щегольков А.В., Талыков В.А., Зорина А.О. 26

Влияние свойств сырья и параметров процесса на антиоксидантную активность экструдированной чечевицы

Фролов Д.И., Кудря А.Н. 33

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Перспективы металлизации изделий агропромышленного комплекса из реактопластов в процессе формования

Воронин Н.В., Филатов И.С., Родионов Ю.В. 38

Обзор и применение САПР при проектировании почвообрабатывающего катка

Прошкин В.Е., Линеенко В.Б. 44

Особенности агротехнологии производства сарептской горчицы в условиях Волгоградской области

Русакова Г.Г., Лебедь Н.И., Парахневич Е.Д., Парахневич Д.В., Русакова М.М. 48

Перспективные направления развития пневмотранспорта в агропромышленном комплексе

Рыбин Г.В., Блохин М.С., Назаров В.Н., Талыков В.А. 54

Основные направления проектирования усовершенствованных энергоэффективных жидкостнокольцевых вакуумных насосов в АПК

Сычёв М.В., Рыбин Г.В. 60

Классификация кремовалок (декристаллизаторов) меда

Ульянов В.М., Утолин В.В., Лузгин Н.Е., Власов К.А. 64

Применение различных методов обработки математических моделей при моделировании сушки яблок	
<i>Фролов Д.И., Боровков Я.Е.</i>	68

Продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от применения микробиологического препарата Фитоспорин-М в технологии No-till	
<i>Чекаев Н.П., Галиуллин А.А.</i>	72

Тепловой баланс воздушного солнечного коллектора в системе естественной вентиляции коровника	
<i>Шкуратов Г.В., Михайличенко С.М.</i>	76

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

<i>Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей</i>	80
<i>Требования к оформлению статьи</i>	80

CONTENTS

FOOD TECHNOLOGY

Changes in the functional properties of cereal grains in the process of their bioactivation <i>Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Andreanova T.S.</i>	7
Fruit and vegetable raw materials in the technology of bakery and flour confectionery <i>Garkina P.K., Pshenitsyn D.S.</i>	12
On the issue of improving the technology of kvass wort <i>Kurochkin A.A., Sobolev E.G.</i>	19
Application of feijoa puree in technology wheat bread <i>Lukina S.I., Ponomareva E.I., Antipova A.A.</i>	24
Additive Manufacturing of Pectin-Based Functional Foods <i>Skomorokhova A.I., Shchegolkov A.V., Talykov V.A., Zorina A.O.</i>	28
Influence of raw material properties and process parameters on the antioxidant activity of extruded lentils <i>Frolov D.I., Kudrya A.N.</i>	36

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

Prospects of metallization of agro-industrial complex products from reactoplasts in the process of their molding <i>Voronin N.V., Filatov I.S., Rodionov Yu.V.</i>	42
Overview and use of CAD for the design of agricultural implements <i>Proshkin V.E., Lineenko V.B.</i>	48
Features of agricultural technology for the production of Sarepta mustard in the conditions of the Volgograd region <i>Rusakova G.G., Lebed N.I., Parakhnevich E.D., Parakhnevich D.V., Rusakova M.M.</i>	53
Promising directions for the development of pneumatic transport in the agro-industrial complex <i>Rybin G.V., Blokhin M.S., Nazarov V.N., Talykov V.A.</i>	61
The main directions of designing improved energy-efficient liquid ring vacuum pumps in the agro-industrial complex <i>Sychev M.V., Rybin G.V.</i>	68
Classification of honey creamers (decrystallizers) <i>Ulyanov V.M., Utolin V.V., Luzgin N.E., Vlasov K.A.</i>	74

Application of various methods of processing mathematical models in the simulation of drying apples

Frolov D.I., Borovkov Ya.E. 84

Productivity of agricultural crops depending on the use of the microbiological preparation Phytosporin-M in No-till technology

Chekaev N.P., Galiullin A.A. 91

Thermal balance of the air solar collector in the natural ventilation system of the cowshed

Shkuratov G.V, Mikhailichenko S.M. 98

AUTHOR GUIDELINES

The procedure for consideration, approval and rejection of articles 105

Article requirements 105

ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.6/.7:633.1:664.761

Изменение функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации

Алехина Н.Н., Пономарева Е.И., Андреанова Т.С.

Аннотация. Одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности является увеличение объемов выработки пищевых продуктов функционального назначения. При разработке таких продуктов зачастую применяют различные виды нетрадиционного сырья, в том числе целое зерно злаковых культур, отличающееся повышенным содержанием фитина. Снизить содержание в зерне указанного антинутриента можно путем его биоактивации, сопровождающейся изменением биотехнологического потенциала сырья. Целью исследований явилось оценка изменения функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации. Исследовали изменение числа падения, содержания крахмала, моно- и дисахаридов, фитина, антиоксидантов и перевариваемости белков при биоактивации (набухании в питьевой воде) ржи и пшеницы в течение 54 ч при $(19 \pm 0,5)$ °С. Установлено, что через 54 ч набухания пшеницы и ржи число падения снижалось в 1,8 и 2,3 раза, содержание крахмала – на 7,3 и 8,0 %, фитина – на 1,65 и 1,35 г, моно- и дисахаридов увеличивалось на 0,83 и 1,45 г, антиоксидантов – в 2,3 и 2,5 раза соответственно по сравнению с зерном пшеницы и ржи до биоактивации. Проведенный анализ функциональных свойств растительного сырья указывает на целесообразность применения биоактивированного зерна злаковых культур в технологии пищевых продуктов, что позволит снизить в них антипитательный эффект фитиновой кислоты и ее солей, повысить содержание антиоксидантов, улучшить перевариваемость белков.

Ключевые слова: пшеница, рожь, биоактивация, функциональные свойства.

Для цитирования: Алехина Н.Н., Пономарева Е.И., Андреанова Т.С. Изменение функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 7–11.

Changes in the functional properties of cereal grains in the process of their bioactivation

Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Andreanova T.S.

Abstract. One of the priority directions of the development of the food industry is to increase the production of functional food products. When developing such products, various types of unconventional raw materials are often used, including whole grains of cereals, characterized by an increased content of phytin. It is possible to reduce the content of this antinutrient in the grain by bioactivating it, accompanied by a change in the biotechnological potential of the raw material. The aim of the research was to assess the changes in the functional properties of cereal grains during their bioactivation. The changes in the number of drops, starch content, mono- and disaccharides, phytin, antioxidants and protein digestibility were studied during bioactivation (swelling in drinking water) of rye and wheat for 54 hours at (19 ± 0.5) °C. It was found that after 54 hours of swelling of wheat and rye, the number of drops decreased by 1.8 and 2.3 times, starch content – by 7.3 and 8.0%, phytin – by 1.65 and 1.35 g, mono- and disaccharides increased by 0.83 and 1.45 g, antioxidants – by 2.3 and 2.5 times, respectively, compared with wheat grain and rye before bioactivation. The analysis of the functional properties of plant raw materials indicates the expediency of using bioactivated grains of cereals in food technology, which will reduce the anti-nutritional effect of phytic acid and its salts in them, increase the content of antioxidants, improve the digestibility of proteins.

Keywords: wheat, rye, bioactivation, functional properties.

For citation: Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Andreanova T.S. Changes in the functional properties of cereal grains in the process of their bioactivation. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 7–11. (In Russ.).

Введение

Одним из приоритетных направлений развития пищевой промышленности Российской Федерации является увеличение объемов выработки пищевых продуктов функционального назначения [1, 2, 3, 4, 5]. К перспективным направлениям производства таких видов изделий, в том числе хлебобулочных и мучных кондитерских, относится выработка их из целого зерна [8, 9, 10]. Однако такие пищевые продукты отличаются повышенным содержанием фитиновой кислоты и ее солей, связывающих такие важные для физиологии питания минеральные ве-

щества как кальций, фосфор, магний, железо и цинк [6]. Снизить их антипитательный эффект можно путем биоактивации (набухания, прорастивания) зерновых культур, сопровождающейся изменением их химического состава и функциональных свойств. Следует отметить, что такая обработка зерна повышает активность его ферментативного комплекса и отрицательно влияет на физико-химические показатели качества получаемого хлеба.

Целью исследований явилось оценка изменения функциональных свойств зерен злаковых культур в процессе их биоактивации.

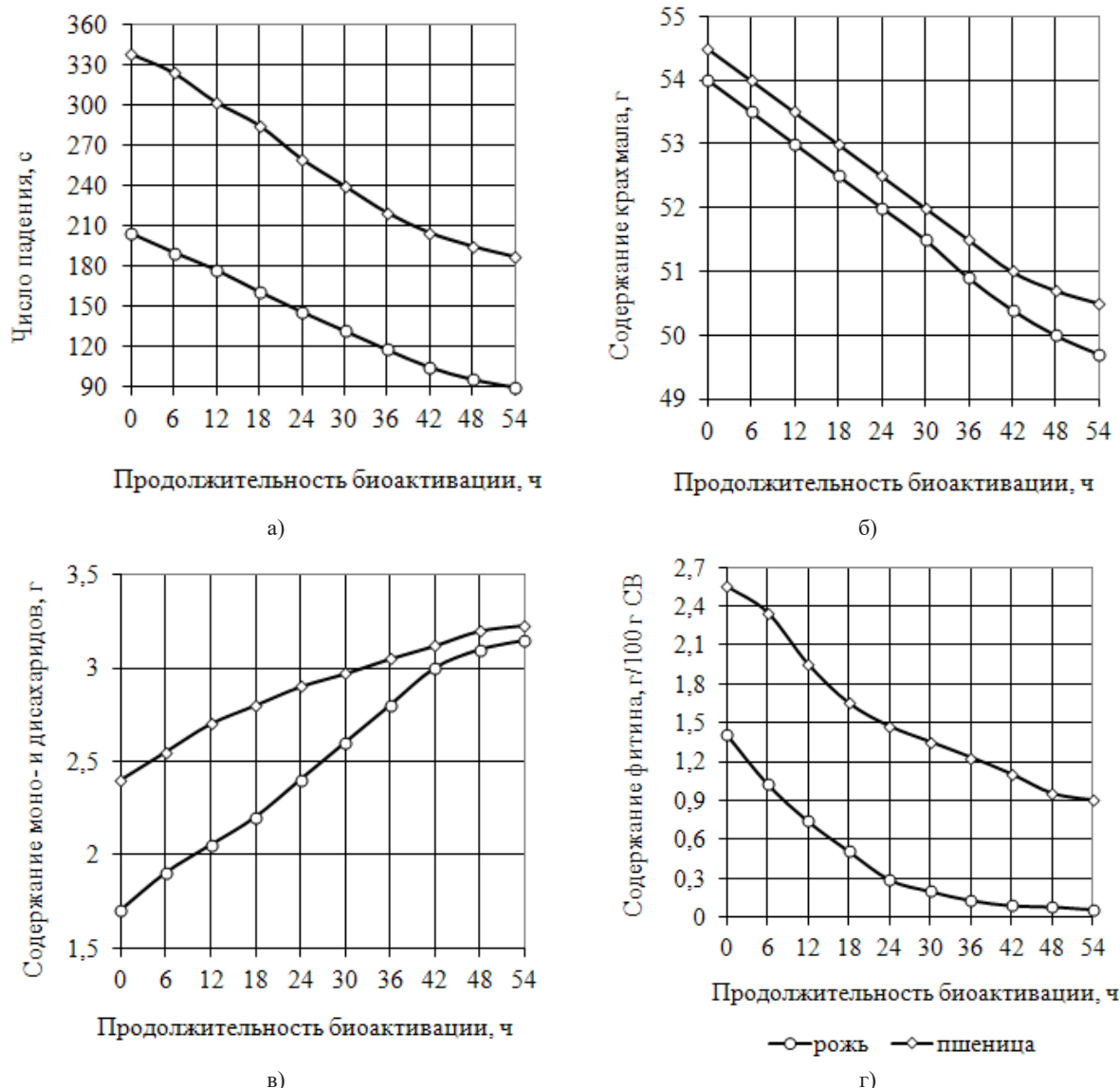


Рис. 1. Изменение числа падения (а), содержания крахмала (б), моно- и дисахаридов (в), фитина (г) в процессе биоактивации зерна пшеницы и ржи

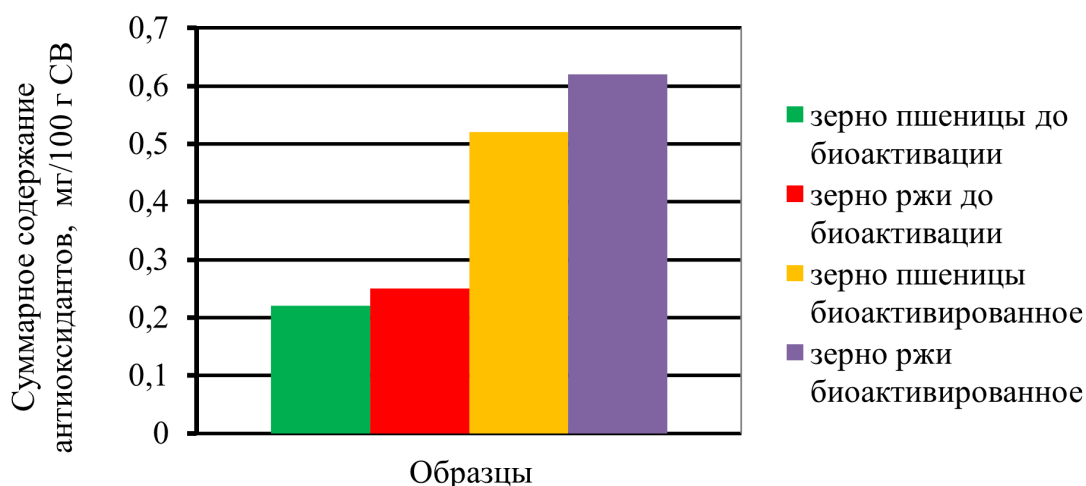


Рис. 2. Суммарное содержание антиоксидантов в пересчете на абсолютно сухую массу в нативных и биоактивированных зернах злаковых культур

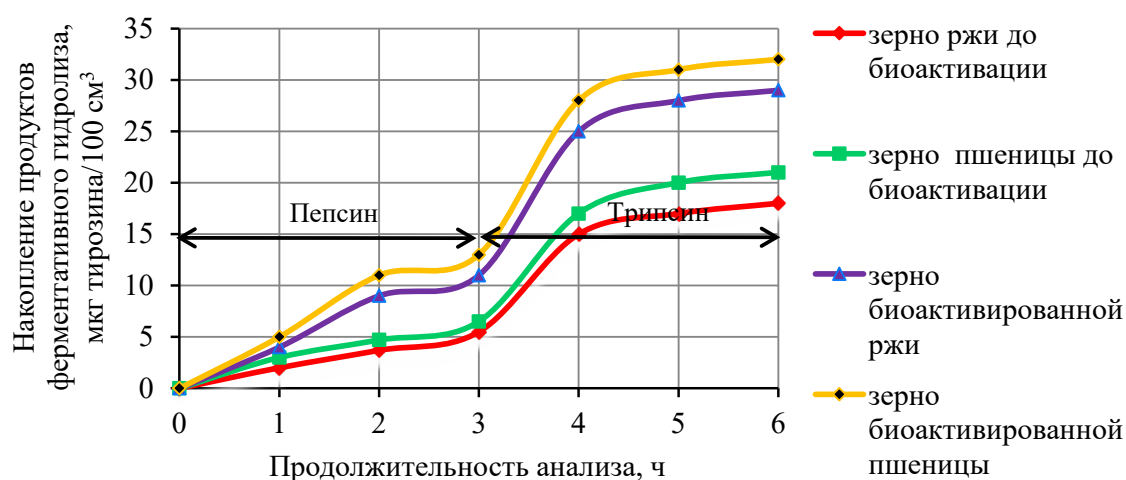


Рис. 3. Перевариваемость белков зерна системой «пепсин-трипсин»

Объекты и методы исследования

Для решения поставленной цели исследовали изменение числа падения, содержания крахмала, моно- и дисахаридов, фитина, антиоксидантов, перевариваемость белков при биоактивации (набухании в питьевой воде) ржи и пшеницы в течение 54 ч при $(19 \pm 0,5)$ °С. Число падения определяли по ГОСТ 27676-88, содержание белка – по ГОСТ Р 53951-2010, водорастворимых углеводов – по ГОСТ Р 51636-2000, крахмала – по ГОСТ 10845-98, фитина – колориметрическим методом на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ (Экохим, Россия) при длине волны 625 нм, антиоксидантов – амперометрическим методом на приборе ЦветЯуза-01-АА, перевариваемость белков – методом *in vitro* под действием пищеварительных ферментов (пепсин, трипсин) [7].

Результаты и их обсуждение

В процессе биоактивации зерна злаковых культур число падения снижалось (рисунок 1, а). Через 54 ч набухания число падения в пшенице и ржи уменьшалось на 45 % и на 56 % соответственно по сравнению с нативным зерном пшеницы и ржи (без биоактивации). Число падения в биоактивированном зерне ржи было значительно ниже, что обусловлено более активным его ферментативным комплексом.

В процессе набухания зерна злаковых культур содержание крахмала уменьшалось, а моно- и дисахаридов увеличивалось, что обусловлено гидролизом биополимера зерна под действием амилолитических ферментов, активность которых значительно увеличивается в ходе биоактивации (рисунок 1, б, в).

В результате проведенных исследований выявлено, что в процессе биоактивации зерна пшеницы и ржи в течение 54 ч число падения снижалось в 1,8

и 2,3 раза, содержание крахмала – на 7,3 и 8,0 %, моно- и дисахаридов увеличивалось на 0,83 и 1,45 г соответственно.

При набухании пшеницы и ржи в течение 54 ч при температуре $(19 \pm 0,5)$ °C содержание фитина уменьшалось на 65 и 96 % соответственно по сравнению с нативным зерном (рисунок 1, г). Большая интенсивность снижения фитина в биоактивированной ржи обусловлена большей активностью в ней эндогенной фитазы, которая значительно увеличивается при биоактивации.

Из рисунка 2 видно, что суммарная антиоксидантная активность биоактивированного зерна пшеницы и ржи в течение 54 ч на 57,7 и 59,6 % соответственно выше по сравнению с нативным зерном, что обусловлено большим содержанием в них биофлавоноидов – антиоксидантов, защищающих клетки организма от повреждающего действия свободных радикалов и поддерживающих их нормальные функции, а также замедляющих процессы старения.

Графические зависимости перевариваемости белков нативных и биоактивированных зерен злаковых культур в течение 54 ч системой «пепсин-трипсин» представлены на рисунке 3.

Исследования перевариваемости образцов показали, что гидролиз белковых веществ нативного

зерна пшеницы под действием пищеварительных ферментов *in vitro* проходил медленнее, и после 6 ч его конечная концентрация аминокислоты тирозина была меньше на 35,0 % по сравнению с биоактивированным зерном пшеницы. Увеличение степени гидролиза белков набухших зерен злаковых культур под действием пищеварительных ферментов обусловлено частичным их гидролизом под действием протеолитических ферментов, активность которых при биоактивации увеличивается. Меньшая перевариваемость белков биоактивированного зерна ржи по сравнению с биоактивированной пшеницей обусловлена большим содержанием в нем пищевых волокон.

Выводы

Таким образом, было выявлено влияние продолжительности биоактивации на изменение свойств и биологическое действие набухших зерен злаковых культур в эксперименте *in vitro*. Проведенный анализ биотехнологического потенциала растительного сырья указывает на целесообразность их использования в приготовлении пищевых продуктов, что позволит повысить в них содержание антиоксидантов, улучшить перевариваемость белков, снизить количество фитина.

Литература

- [1] Курочкин А.А., Шматкова Н.Н., Шабурова Г.В. Технологические решения в производстве булочных изделий с повышенной пищевой ценностью / Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2016. - Т. 6. № 4 (19). - С. 149-155.
- [2] Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Аминокислотный состав экструдированного ячменя / Пиво и напитки. - 2008. - № 4. - С. 12.
- [3] Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Lukina S.I., Smirnykh A.A. Grain Bread with Buckwheat Bran Flour for a Healthy Diet / Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016. - Vol.11 (12). - p. 2623-2627.
- [4] Алехина Н.Н., Пономарева Е.И., Жаркова И.М., Гребенщиков А.В. Оценка функциональных свойств и показателей безопасности зернового хлеба с амарантовой мукой // Техника и технология пищевых производств. - 2021. - Т. 51, № 2. - С. 323-332.
- [5] Derkanosova N., Stakhurlova A., Pshenichnaya I., Ponomareva I. [et al.] Amaranth as a bread enriching ingredient // Foods and Raw Materials. - 2020. - Vol. 8(2). - p. 223-231.
- [6] Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V. Assessment of the bioavailability of minerals and antioxidant activity of grain bread in the experiment *in vivo* / Russian Open Medical Journal. - 2018. - Vol. 7(4). - p. 409.
- [7] Антипова Л.В., Дунченко Н.И. Химия пищи. – СПб.: Лань, 2018. – 856 с.

References

- [1] Kurochkin A.A., Shmatkova N.N., Shaburova G.V. Tekhnologicheskie resheniya v proizvodstve bulochnykh izdelij s povyshennoj pishchevoj cennost'yu / Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. - 2016. - T. 6. No 4 (19). - pp. 149-155. (Technological solutions in the production of bakery products with high nutritional value).
- [2] Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Amino acid composition of extruded barley / Beer and beverages. - 2008. - No. 4. - p. 12.
- [3] Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Lukina S.I., Smirnykh A.A. Grain Bread with Buckwheat Bran Flour for a Healthy Diet / Journal of Engineering and Applied Sciences, 2016. - Vol.11 (12). - pp. 2623-2627.
- [4] Alekhina, N.N., Ponomareva, E.I., Zharkova, I.M., Grebenshchikov, A.V. Ocenka funktsionalnykh svoystv i pokazatelei bezopasnosti zernovogo hleba s amarantovoi mukoi / Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. - 2021 - 51(2). - pp. 323-332. (Evaluation of functional properties and safety indicators of grain bread with amaranth flour).
- [5] Derkanosova N., Stakhurlova A., Pshenichnaya I., Ponomareva I. [et al.] Amaranth as a bread enriching ingredient // Foods and Raw Materials. - 2020. - Vol. 8(2). - pp. 223-231.
- [6] Alekhina N.N., Ponomareva E.I., Zharkova I.M., Grebenshchikov A.V. Assessment of the bioavailability of minerals and antioxidant activity of grain bread in

- [8] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сусла с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6(22). – С. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [9] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [10] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 2(51). – С. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- the experiment in vivo / Russian Open Medical Journal. – 2018. – Vol. 7(4). – p. 409.
- [7] Antipova L.V., Dunchenko N.I. Chemistry of food. – St. Petersburg : Lan, 2018. – 856 p.
- [8] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, D. I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. – 2014. – No. 6(22). – pp. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [9] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. – 2017. – No. 4 (45). – pp. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [10] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. – 2019. – No. 2 (51). – pp. 134-143. – EDN BIRIFZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

Алехина Надежда Николаевна доктор технических наук доцент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19 Тел.: +7(473) 255-38-51 E-mail: Nadinat@yandex.ru	Alekhina Nadezhda Nikolaevna D.Sc. in Technical Sciences associate professor at the department of «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies Phone: +7(473) 255-38-51 E-mail: Nadinat@yandex.ru
Пономарева Елена Ивановна доктор технических наук профессор кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19 Тел.: E-mail: elena6815@yandex.ru	Ponomareva Elena Ivanovna D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies Phone: E-mail: elena6815@yandex.ru
Андреанова Татьяна Сергеевна соискатель «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19 Тел.: E-mail: t.s.andreanova@gmail.com	Andreanova Tatyana Sergeevna applicant «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies Phone: E-mail: t.s.andreanova@gmail.com

Фруктовое и овощное сырье в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий

Гарькина П.К., Пшеницын Д.С.

Аннотация. Приведен описательный обзор и обобщение проведенных научных исследований отечественных ученых в области изучения химического состава и пищевой ценности фруктов и овощей, продуктов их переработки как источников незаменимых биологически активных веществ. Обобщен опыт овощного и фруктового сырья в технологии обогащенных, функциональных и специализированных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.

Ключевые слова: фруктовое, овощное сырье, химический состав, хлебобулочные, мучные кондитерские изделия, качество, свойства, пищевая ценность.

Для цитирования: Гарькина П.К., Пшеницын Д.С. Фруктовое и овощное сырье в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 12–18.

Fruit and vegetable raw materials in the technology of bakery and flour confectionery

Garkina P.K., Pshenitsyn D.S.

Abstract. A descriptive review and generalization of the scientific research conducted by domestic scientists in the field of studying the chemical composition and nutritional value of fruits and vegetables, their processed products as sources of irreplaceable biologically active substances is given. The experience of vegetable and fruit raw materials in the technology of enriched, functional and specialized bakery and flour confectionery products is generalized.

Keywords: fruit, vegetable raw materials, chemical composition, bakery, flour confectionery, quality, properties, nutritional value.

For citation: Garkina P.K., Pshenitsyn D.S. Fruit and vegetable raw materials in the technology of bakery and flour confectionery. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 12–18. (In Russ.).

Введение

Повышение пищевого статуса, сохранение здоровья, его улучшение и продление жизни населения Российской Федерации является важнейшей государственной задачей. Федеральный Закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (№ 29-ФЗ от 02.01.2000 в редакции от 01.01.2022 г.) «регулирует отношения в области организации питания, обеспечения качества пищевых продуктов и их безопасности для здоровья человека и будущих поколений» [1]. Решение указанных задач базируется на расширении ассортимента хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, повышении их качества и пищевой ценности, ликвидации дефицита микронутриентов в рационе питания, обеспечении всех возрастных групп населения питанием, соответствующим физиологическим нормам [26, 27]. В ассортименте продукции пищевой промыш-

ленности и общественного питания значительный удельный вес занимают продукты систематического потребления [28]. К таким продуктам питания, в первую очередь, относятся булочные и мучные кондитерские изделия, характеризующиеся, как известно, высоким содержанием углеводов, незначительным количеством белка, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Следовательно, основным направлением производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий является их обогащение незаменимыми биологически активными веществами с применением ингредиентов, являющихся источниками минеральных веществ, пищевых волокон, витаминов [2, 3].

К потенциальным источникам биологически активных веществ среди растительных видов сырья относятся фрукты, ягоды и продукты их переработки.

Целью работы являлся сбор, анализ, система-

тизация и обобщение результатов исследований отечественных и зарубежных ученых химического состава и технологических свойств растительного сырья, как перспективного источника биологически активных веществ.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации. Применяли методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

Результаты и их обсуждение

При разработке новых продуктов питания исследователи большое внимание уделяют изучению возможности и целесообразности применения в качестве источника биологически активных веществ различных растительных добавок.

Повысить пищевую ценность мучных изделий предлагается путем применения продуктов переработки овощей, фруктов и отходов сокового производства – соков, пюре, овощных и фруктовых порошков из целых плодов и выжимок. Применение в производстве булочных и мучных кондитерских изделий растительных порошков с уникальным химическим составом, способствует уменьшению углеводно-жирового комплекса, снижению энергетической ценности изделий, повышению содержания пищевых волокон, обогащению изделий минеральными нутриентами (K, Ca, Mg, Fe, P), витаминами (A, B1, B2, C, PP) и пектиновыми веществами [4, 5].

Следовательно, наиболее значимым показателем качества применяемых овощей и фруктов является их биохимический состав.

Кроме этого, применение продуктов переработки растительного сырья приводит к коррективке и улучшению технологических свойств пшеничной муки, приданию изделиям функциональной направленности и повышению пищевой ценности готовой продукции [6].

Ассортимент растительных добавок достаточно широк.

Повышение пищевой ценности хлебобулочных и мучных кондитерских изделий может быть осуществлено путем замены части пшеничной муки на различные фрукты, овощи и продукты их переработки по массе сухих веществ. Применение фруктово-овощных обогатителей перспективно в связи с высоким содержанием в них моно- и дисахаридов, витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, включая пектин. Такие добавки не только улучшают пищевую ценность, но и выполняют эстетическую функцию, придавая изделиям характерный цвет и аромат, например, желтый при использовании продуктов переработки моркови. Фруктовые и овощные обогатители рекомендуются применять в производстве изделий из сортовой

пшеничной муки. Определенный интерес представляет применение полуфабрикатов на основе плодов и овощей для изготовления изделий из ржаной и ржано-пшеничной муки [7, 8].

Химический состав овощей характеризуется присутствием в них нерастворимых и растворимых веществ. К нерастворимым веществам относятся целлюлоза, гемицеллюлоза, нерастворимые азотистые вещества, крахмал, нерастворимые минеральные вещества [9]. К растворимым веществам овощей и фруктов относят органические вещества, такие, как моно- и дисахариды, пентозаны, пектин, органические кислоты, азотистые вещества, ферменты, витамины, соли кислот и щелочи.

Разработано печенье с применением смеси муки овсяной и пшеничной высшего сорта, порошка топинамбура, а также замены сахара белого кристаллического на сорбит либо фруктозу. Печенье предполагается рекомендовать людям с избыточным весом, больным диабетом, а также детям для профилактики заболеваний, связанных с иммунной недостаточностью [10].

В научной литературе имеются сведения о внесении фитоэкстракта стевии в мучные кондитерские изделия (сахарное печенье «Стевушка» [11].

Красиной И. Б. предлагается использовать измельченные сушеные листья стевии и водного экстракта из них как источника низкокалорийного натурального заменителя сахара в производстве овсяно-фруктового и песочного печенья. Изделия характеризуются достаточно сладким вкусом, а по физико-химическим и органолептическим показателям они практически не отличаются от контрольного образца [12].

Лукиной С.И. изучено влияние комплексных порошкообразных полуфабрикатов: тыквенно-молочного, кабачково-молочного, морковно-молочного, морковно-паточного и тыквенно-паточного на качество бисквита. Установлено, что введение в бисквит на стадии сбивания яично-сахарной массы порошкообразного продукта в дозировке 5% от массы сухих веществ, при этом заменяя в рецептуре часть сахара и муки, взятых в равных долях способствует повышению пищевой ценности изделий за счет увеличения содержания белка, пищевых волокон, микро- и макроэлементов, витаминов B1, B2, PP, β-каротина и уменьшения количества легкоусвояемых углеводов. При использовании бинарной композиции порошков удельный объем увеличивается на 14-24%, пористость – на 5-13% по сравнению с контролем. Энергетическая ценность бисквитов с совместным внесением порошков снижается на 40-65 кДж/100г. При этом продолжительность хранения бисквита увеличивается на 24-28% [13].

Фитерер И.В. предлагают использовать для улучшения качества и повышения пищевой ценности сахарного печенья порошок сахарной свеклы (ПСС). Установлено, что замена сахарного песка ПСС (40%) приводит к повышению устойчивости эмульсии, снижает содержание усвояемых угле-

водов (на 30%), повышает содержание пищевых волокон, минеральных веществ и биологическую ценность готовой продукции [14].

Магомедовым Г.О., Олейниковой А.Я. и Шакаловой Е.В. предложена рецептура и технология сахарного печенья на основе мучных композитных смесей, обогащенных порошкообразными полуфабрикатами из плодов шиповника, абрикоса, аронии и клюквы. Высокая намокаемость сахарного печенья (166-182 %) достигается внесением 3-5% порошкообразного полуфабриката. В сахарном печенье с шиповниковым полуфабрикатом повышается в 2,4 раза железа. Абрикосовый полуфабрикат приводит к повышению содержания кальция на 13,4%, фосфора на 3,5%, магния на 7,4%, железа на 11%. Отмечено, что сахарное печенье на основе арониевого полуфабриката богато йодом – 1,4 мг/100 г продукта. Сахарное печенье на основе полуфабриката шиповника оказалось наиболее сбалансированным по витаминному составу и пищевым волокнам. По минеральному составу отличается сахарное печенье на основе арониевого полуфабриката [15].

Для производства хлеба функционального назначения можно применять сушёные плоды шиповника и рябины. Данная добавка содержит большое количество водо- и жирорастворимых витаминов, органических кислот, пектиновых веществ, макро и микроэлементов. Использование порошка измельченных плодов рябины и шиповника при производстве хлеба и хлебобулочных изделий позволяет повысить водопоглощительную способность муки и, хотя снижает количество клейковины, но способствует укреплению клейковинного каркаса. При этом увеличивается объём и пористость изделий, они получают правильной формы с ярко-окрашенной коркой и эластичным мякишем [16].

Возможно, по мнению исследователей, производство хлеба функционального назначения с применением порошка из кожицы виноградных выжимок, имеющих светло-коричневый цвет. Влажность порошка составляет 9-10%, вкус – кисло-сладкий. Порошок получают из высушенных, измельченных и просеянных выжимок винограда, являющихся отходами при производстве вин. Основными компонентами порошка являются моно- и дисахариды, пектин и клетчатка, витамины и минеральные вещества. Содержание белков и липидов в порошке незначительно. Пектин и клетчатка повышают качество хлеба и продлевают срок его хранения. Также при применении порошка повышается газо- и сахаробразующая способность теста, увеличивается гидрофильность клейковины, и её эластичность. Данная добавка способствует улучшению физико-химических показателей. Но хлеб при этом получается с темным эластичным мякишем кисло-сладкого вкуса. При использовании порошка кожицы виноградных выжимок замедляется процесс очерствения хлеба, увеличивается содержание минеральных и пектиновых веществ, идёт обогащение его пищевыми волокнами [17].

Источником функциональных пищевых ингредиентов может быть тыква и продукты ее переработки, обладающие высоким физиолого-биохимическим потенциалом, который, к сожалению, недостаточно используется при производстве пищевых продуктов. Исследователи вносили порошок тыквы в тесто для тортов, хлеба, пончиков, булочных изделий и печенья, заменяя часть пшеничной муки в количестве 5%, 20%, 50% и 95%. Готовые изделия оценили по органолептическим показателям по 5-ти балльной шкале. Органолептический анализ готовых изделий свидетельствует о возможности замены 50 % пшеничной муки на тыквенную муку при производстве торта. Производство пончиков, хлеба, булочных изделий и печенья с заменой пшеничной муки на тыквенную способствует удовлетворительным органолептическим показателям по цвету, текстуре и вкусу в количестве 5 % [18].

Исследователи изучили функционально-технологические свойства смеси банановой муки с пшеничной мукой. Установлен высокий уровень углеводов – более 82,52 г/100 г в пересчете на сухое вещество), при этом большая часть содержания углеводов приходилась на крахмал (более 67,02 г/100 г). Для банановой муки характерна более высокая водоудерживающая способность, чем у пшеничной муки. Насыпная плотность также выше у банановой муки. Установлено, что банановая мука имеет большой потенциал для применения в производстве пищевых продуктов [19].

Бразильскими учеными разработаны продукты питания на основе отходов при производстве соков. Изделия созданы на основе композитной смеси из апельсина, маракуйи, арбуза, салата, кабачка, моркови, шпината, мяты, таро, огурца и рукколы. Выжимки после производства сока высушивали, измельчали в порошок и оценивали его технологические свойства. Муку из фруктово-овощных выжимок вносили в количестве от 20 до 35 % взамен пшеничной муки в печенье и зерновые батончики. Мука из фруктово-овощных выжимок характеризовалась высокой водоудерживающей способностью – 7,43 г/г. Маслоудерживающая способность была ниже – 1,91 г/г муки. Указанные технологические свойства обусловлены, вероятно, высоким содержанием в композитной смеси углеводов (53 %) и волокон (21,5 %). В печенье, обогащенное 35 % фруктово-овощной муки, установлено высокое содержание клетчатки (от 57 % до 118 %), высокий уровень минеральных веществ – от 25 % до 37 %, чем при добавлении только 20 % фруктово-овощной муки. Зерновые батончики содержат около 75 % волокон и содержание минералов от 14 % до 37 %. Включение не оказало влияния на уровень содержания жира. Химические, микробиологические и органолептические результаты разработанных продуктов питания свидетельствуют о возможности применения агропромышленного вторичного сырья [20].

Сокол с сотрудниками проводили исследова-

ния по применению в рецептуру хлебобулочных изделий пектинового экстракта и плодов боярышника в качестве функциональных ингредиентов. Результаты исследований показали, что введение этих компонентов в изделия позволили улучшить их качество и повысить пищевую ценность [21].

Предложены разработанные рецептуры и технологии хлебобулочных изделий из ржано-пшеничной муки на основе полуфабрикатов с использованием свекольного порошка и морковного или тыквенного. Свекольный порошок предварительно выдерживают некоторое время в виде суспензии – свекольный порошок, дрожжи, вода. После выдерживания замешивают тесто на густой ржаной закваске. Морковный или тыквенный порошок используют в виде заквашенной заварки, на основе которой замешивают тесто [22].

Одним из видов растительного сырья для расширения ассортимента обогащенных, функциональных и специализированных булочных и мучных кондитерских изделий может быть яблочный порошок [23].

Жарковой И. М. с сотрудниками предложена технология кекса с использованием набора безглютеновых ингредиентов – амарантовая мука, мука из клубней чумы, морковный и яблочный порошок, смесь стевииозидов и изомальта. Спроектирован с

помощью компьютерного моделирования оптимальный рецептурный состав кекса с необходимым соотношением ингредиентов, согласно заданным ограничениям. Белок безглютенового кекса содержит все незаменимые аминокислоты. Аминокислотный состав высоко сбалансирован. Авторы относят разработанный продукт к группе функциональных пищевых продуктов по содержанию фосфора, магния, селена, а для отдельных групп потребителей – также по содержанию железа, кальция, калия. Показатели безопасности разработанного кекса соответствуют требованиям ТР ТС 021 [24, 25].

Выводы

Таким образом, анализ результатов научных разработок российских и зарубежных исследователей в области использования овощного и фруктового сырья в производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, позволяет сделать вывод о том, что введение фруктовых и овощных добавок с целью повышения пищевой и биологической ценности, улучшения структурно-механических и органолептических показателей готовой продукции, является целесообразным.

Литература

- [1] Федеральный закон РФ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» N 29-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022) (действующая редакция 2022)
- [2] Хлеб и хлебобулочные изделия. Сырьё, технологии, ассортимент: учебное пособие/ А. С. Романов, О. А. Ильина, С. В. Краус, В. С. Иунихина. – М. : ДеЛи плюс, 2016. – 635 с.
- [3] Богомолова, И. П. Направления и механизмы государственного регулирования производства функциональных хлебопродуктов / И. П. Богомолова, Е. А. Белимова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. – № 2(60). – С. 177-183.
- [4] Пастушкова, Е. В. Растительное сырьё как источник функционально-пищевых ингредиентов / Е. В. Пастушкова, Н. В. Заворохина, А. В. Вяткин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2016. – Т. 4. – № 4. – С. 105-113..
- [5] Фитерер И.В. Влияние фруктовых добавок на технологические свойства песочного теста и качество выпеченных полуфабрикатов /И.В. Фитерер//Рациональное питание. Пищевые добавки. Биостимуляторы. – 2004. – № 2. – С. 18-22
- [6] Тимакова, Р. Т. Оценка качества пшеничного хлеба, обогащенного натуральным яблочным сырьём / Р. Т. Тимакова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия:

References

- [1] Federal Law of the Russian Federation «On the Quality and Safety of Food Products» N 29-FZ (as amended and supplemented, entered into force on 01/01/2022) (current version 2022)
- [2] Bread and bakery products. Raw materials, technologies, assortment: textbook / A. S. Romanov, O. A. Ilyina, S. V. Kraus, V. S. Iunihina. - M. : DeLi plus, 2016. - 635 p.
- [3] Bogomolova, I. P. Directions and mechanisms of state regulation of the production of functional bread products / I. P. Bogomolova, E. A. Belimova // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. - 2014. - No. 2 (60). - S. 177-183.
- [4] Pastushkova, E. V. Vegetable raw materials as a source of functional food ingredients / E. V. Pastushkova, N. V. Zavorokhina, A. V. Vyatkin // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnologies. - 2016. - T. 4. - No. 4. - S. 105-113 ..
- [5] Fiterer I.V. Influence of fruit additives on the technological properties of shortcrust pastry and the quality of baked semi-finished products /IV Fiterer//Rational nutrition. Nutritional supplements. Biostimulants. - 2004. - No. 2. - S. 18-22
- [6] Timakova, R. T. Assessment of the quality of wheat bread enriched with natural apple raw materials / R. T. Timakova // Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and devices for food production. - 2020. - No. 2(44). - S. 22-28.

- Процессы и аппараты пищевых производств. – 2020. – № 2(44). – С. 22-28.
- [7] Темникова О.Е. Обзор использования нетрадиционного сырья в хлебопечении/О.Е. Темникова, Н.А. Егорцев, А.В. Зимичев // Хлебопродукты. – 2012. – № 4. – С. 54-55.
- [8] Использование овощных и фруктовых порошков в хлебопечении / Л. А. Шлеленко, О. Е. Тюрина, А. Е. Борисова [и др.] // Хлебопродукты. – 2014. – № 7. – С. 42-43.
- [9] Ильина, О. Пищевые волокна – важнейший компонент хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / О. Ильина // Хлебопродукты. – 2002. – № 9. – С. 34...36.
- [10] Васильева, Е. А. Использование добавок из топинамбура для расширения ассортимента продукции / Е. А. Васильева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 1. – С. 51-54
- [11] Павлова, Г. Н. Стевия – источник натурального подсластителя продуктов питания [Текст] / Г. Н. Павлова, Л. Д. Ерашова, Л. А. Алекина // Пищевая промышленность. – 1997. – № 5. – С. 9.
- [12] Красина, И. Б. Использование стевии для создания диабетических мучных кондитерских изделий / И. Б. Красина // Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов : Первая Российская научно-практическая конференция, Москва, 18–19 июня 2001 года. – Москва: Научный центр «Нетрадиционные природные ресурсы и функциональные продукты», 2001. – С. 221-222.
- [13] Лукина, С. И. Разработка технологии полуфабрикатов для тортов и пирожных с комплексными порошкообразными продуктами [Текст]: дис... канд. техн. наук / С. И. Лукина. – Воронеж, 2001. – 229 с.
- [14] Фитерер, И. В. Разработка рецептурно-технологических аспектов нового ассортимента мучных кондитерских изделий [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук / И. В. Фитерер. – Орел, 2006. – 21 с.
- [15] Магомедов, Г. О. Сахарное печенье на основе обогащенных мучных композитных смесей [Текст] / Г. О. Магомедов, А. Я. Олейникова, Е. В. Шакалова // Кондитерская фабрика. – 2006. – № 11-12. – С. 8-9.
- [16] Бакулина О. Н. Функциональные ингредиенты для воплощения Концепции здорового питания / О. Н. Бакулина, О. В. Бзюк // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. 2005. – № 2. – С. 30-32.
- [17] Алексеенко, Е. Нетрадиционное природное сырье для производства хлебобулочных изделий / Е. Алексеенко // Хлебопродукты. – 2008. – № 9. – С. 50-52.
- [18] Kiharason, J. W. Nutritive Value of Bakery Products From Wheat and Pumpkin Composite Flour/ J. W. Kiharason, D. K. P. N. Isutsa, Ngonda// Global Journal of Bio-science and Biotechnology. – 2017 – № 6 [1]. – S. 96-102.
- [7] Temnikova O.E. Review of the use of non-traditional raw materials in bakery / O.E. Temnikova, N.A. Egorsev, A.V. Zimichev // Bread products. – 2012. – No. 4. – S. 54-55.
- [8] The use of vegetable and fruit powders in baking / L. A. Shlelenko, O. E. Tyurina, A. E. Borisova [et al.] // Bread products. – 2014. – No. 7. – P. 42-43.
- [9] Ilyina, O. Dietary fibers - the most important component of bakery and flour confectionery products / O. Ilyina // Bread products. – 2002. – No. 9. – S. 34 ... 36.
- [10] Vasilyeva, E. A. The use of additives from Jerusalem artichoke to expand the range of products / E. A. Vasilyeva // Storage and processing of agricultural raw materials. – 2007. – No. 1. – S. 51-54
- [11] Pavlova, G. N. Stevia is a source of natural food sweetener [Text] / G. N. Pavlova, L. D. Erashova, L. A. Alekhina // Food industry. – 1997. – No. 5. – P. 9.
- [12] Krasina, I. B. Using stevia to create diabetic flour confectionery / I. B. Krasina // Actual problems of innovation with non-traditional plant resources and the creation of functional products: First Russian Scientific and Practical Conference, Moscow, June 18–19, 2001 of the year. – Moscow: Scientific Center «Non-traditional natural resources and functional products», 2001. – P. 221-222.
- [13] Lukina, S. I. Development of technology for semi-finished products for cakes and pastries with complex powdered products [Text]: thesis ... cand. tech. Sciences / S. I. Lukina. – Voronezh, 2001. – 229 p.
- [14] Fiterer, I. V. Development of prescription-technological aspects of a new range of flour confectionery products [Text]: author. dis... cand. tech. Sciences / I. V. Fiterer. – Eagle, 2006. – 21 p.
- [15] Magomedov, G. O. Sugar cookies based on enriched flour composite mixtures [Text] / G. O. Magomedov, A. Ya. Oleinikova, E. V. Shakalova // Confectionery factory. – 2006. – No. 11-12. – P. 8-9.
- [16] Bakulina O. N. Functional ingredients for the implementation of the concept of healthy nutrition / O. N. Bakulina, O. V. Bzyuk // Food ingredients, raw materials and additives. 2005. – No. 2. – S. 30-32.
- [17] Alekseenko, E. Non-traditional natural raw materials for the production of bakery products / E. Alekseenko // Bread products. – 2008. – No. 9. – S. 50-52.
- [18] Kiharason, J. W. Nutritive Value of Bakery Products From Wheat and Pumpkin Composite Flour/ J. W. Kiharason, D. K. P. N. Isutsa, Ngonda// Global Journal of Bio-science and Biotechnology. – 2017 – No. 6 [1]. – S. 96-102.
- [19] Shiqi Huang. The Compositional and Functional Attributes of Commercial Flours from Tropical Fruits (Breadfruit and Banana/ Shiqi Huang, Mario M. Martinez, Benjamin M. Bohrer//Foods. – 2019. – 8(11). – P. 586 .
- [20] Ferreira, M.S.L., Santos, M.C.P., Moro, T.M.A. et al. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. J Food Sci Technol. – 2015. – 52. – R. 822-830).

- [19] Shiqi Huang. The Compositional and Functional Attributes of Commercial Flours from Tropical Fruits (Breadfruit and Banana/ Shiqi Huang, Mario M. Martinez, Benjamin M. Bohrer//Foods. – 2019. – 8(11). – P. 586 .
- [20] Ferreira, M.S.L., Santos, M.C.P., Moro, T.M.A. et al. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. J Food Sci Technol. – 2015. – 52. – P. 822-830).
- [21] Сокол, Н. В. Нетрадиционное сырьё в производстве хлеба функционального назначения / Н. В. Сокол, Н. С. Храмова, О. П. Гайдукова // Хлебопечение России. – 2001. – № 1. – С. 16-18.
- [22] Шлеленко Л. А. Использование овощных и фруктовых порошков в хлебопечении/ Л. А. Шлеленко, О. Е. Тюрина, А. Е. Борисова [и др.] // Хлебопродукты. – 2014. – № 7. – С. 42-43.
- [23] Сбивные хлебобулочные изделия для питания школьников / Е. Д. Чертов, Г. О. Магомедов, Н. П. Зацепилина [и др.] // Хлебопродукты. – 2014. – № 11. – С. 58-60.
- [24] Разработка технологии и оценка эффективности нового продукта - функционального безглютенового кекса / И. М. Жаркова, Ю. А. Сафонова, В. Г. Густинович, Т. Л. Ильева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2020. – № 1. – С. 70-85.
- [25] Щербаклова, Е. И. Использование растительной добавки с целью повышения пищевой ценности мучных кулинарных изделий / Е. И. Щербаклова, А. А. Рушиц // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2014. – Т. 2. – № 1. – С. 94-99.
- [26] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 2(51). – С. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- [27] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [28] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного суслу с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6(22). – С. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [21] Sokol, N. V. Non-traditional raw materials in the production of functional bread / N. V. Sokol, N. S. Khramova, O. P. Gaidukova // Bakery of Russia. - 2001. - No. 1. - S. 16-18.
- [22] Shlelenko L. A. The use of vegetable and fruit powders in baking / L. A. Shlelenko, O. E. Tyurina, A. E. Borisova [et al.] // Bread products. - 2014. - No. 7. - P. 42-43.
- [23] Chertov E. D., Magomedov G. O., Zatsepilina N. P. Whipped bakery products for schoolchildren's nutrition [et al.] // Bread products. - 2014. - No. 11. - P. 58-60.
- [24] Development of technology and evaluation of the effectiveness of a new product - a functional gluten-free cake / I. M. Zharkova, Yu. A. Safonova, V. G. Gustinovich, T. L. Ilyeva // Storage and processing of agricultural raw materials. - 2020. - No. 1. - P. 70-85.
- [25] Shcherbakova, E. I. The use of vegetable additives to increase the nutritional value of flour culinary products / E. I. Shcherbakova, A.
- [26] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - pp. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- [27] Rational technological parameters in the production of a polycapient composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4 (45). - pp. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [28] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, D. I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus . - 2014. - No. 6(22). - pp. 103-109. – EDN TKJLIH.

Сведения об авторах

Information about the authors

Гарькина Полина Константиновна кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru	Garkina Polina Konstantinovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 094-79-49 E-mail: worolina89@mail.ru
Пшеницын Дмитрий Сергеевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 E-mail: mitya9841@gmail.com	Pshenitsyn Dmitry Sergeevich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University E-mail: mitya9841@gmail.com

К вопросу совершенствования технологии квасного сусла

Куручкин А.А., Соболев Е.Г.

Аннотация. В работе представлен обзорный материал по актуальному направлению в совершенствовании технологии квасного сусла для выработки напитков брожения из зернового сырья. В качестве научной гипотезы, лежащей в основе данной статьи, обосновано предположение о снижении трудоемкости и повышении качества вырабатываемого квасного сусла за счет применения экструдата, полученного путем совместной обработки ржаного солода и несоложенного сырья. Получены образцы экструдата смеси ржаного сухого и свежепропорощенного солода и неизмельченных зерен ржи. Сделаны выводы в части перспективы дальнейших исследований в рамках заявленной проблемы.

Ключевые слова: квас, сусло, экструдат, солод, рожь.

Для цитирования: Куручкин А.А., Соболев Е.Г. К вопросу совершенствования технологии квасного сусла // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 19–23.

On the issue of improving the technology of kvass wort

Kurochkin A.A., Sobolev E.G.

Abstract. The paper presents an overview of the current direction in improving the technology of leavened wort for the production of fermented beverages from grain raw materials. As a scientific hypothesis underlying this article, the assumption of reducing the labor intensity and improving the quality of the produced kvass wort through the use of extrudate obtained by joint processing of rye malt and unsalted raw materials is substantiated. Samples of the extrudate of a mixture of dry rye and freshly grown malt and non-ground rye grains were obtained. Conclusions are drawn regarding the prospects for further research within the framework of the stated problem.

Keywords: kvass, wort, extrudate, malt, rye.

For citation: Kurochkin A.A., Sobolev E.G. On the issue of improving the technology of kvass wort. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 19–23. (In Russ.).

Введение

Одной из групп пищевых продуктов здорового питания обоснованно считаются безалкогольные напитки, полученные путем сбраживания углеводного сырья, преимущественно растительного происхождения.

В процессе выработки таких напитков, в них формируются и накапливаются продукты метаболизма микроорганизмов, которые наряду с разнообразными питательными и функциональными ингредиентами сырья играют важную роль в питании человека.

Следует отметить, что в настоящее время в общей группе безалкогольной продукции зерновые напитки занимают не заслуженно малую часть и

представлены в основном различными видами кваса (хлебный, фруктовый, ягодный) [2, 6].

В значительной степени этот факт является следствием относительно сложной и трудоемкой технологией выработки этого напитка по сравнению с целым рядом других, в том числе и с теми, в основе приготовления которых лежит использование сухих концентратов.

Структурный анализ технологии кваса брожения показывает, что его производство основано на реализации пяти (условно) стадий: подготовка сырья, приготовление квасного сусла, его брожение, охлаждение и купажирование кваса, розлив готового напитка в тару. Рассматривая данную технологию с позиций системного подхода, можно сделать следующие выводы:

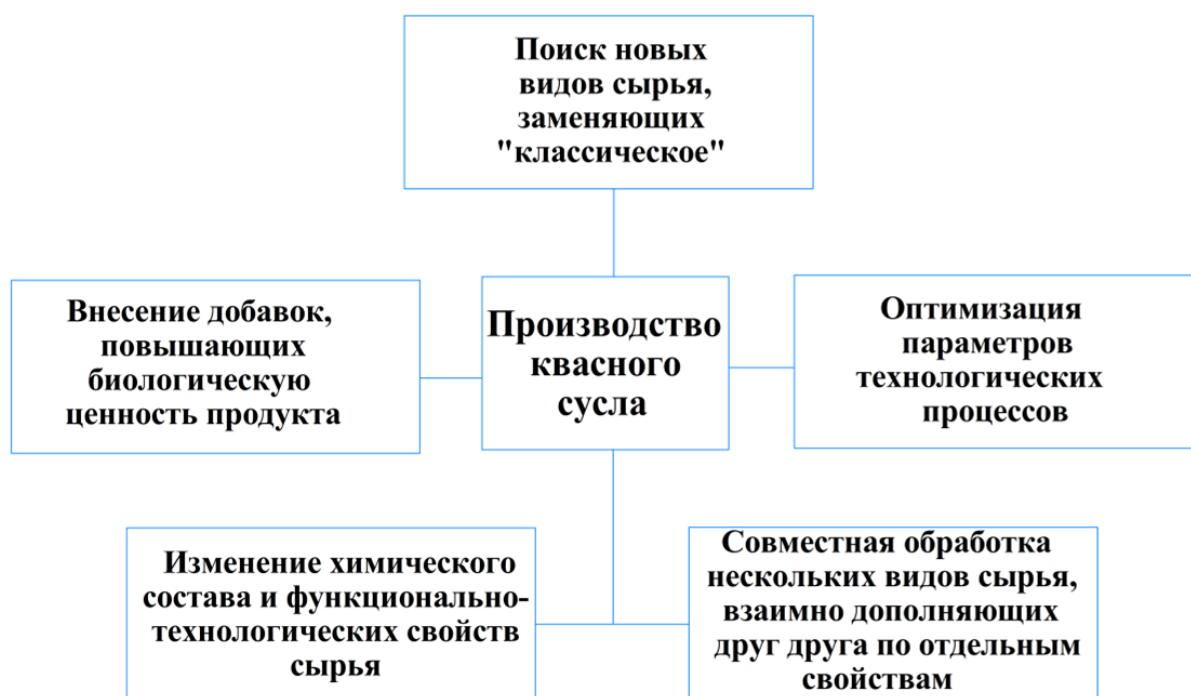


Рис. 1. Факторы, влияющие на производство квасного сусла

1. Базовыми составляющими технологий, оказывающими определяющую роль в ее трудоемкости и существенно влияющими на качество готовой продукции, можно считать вторую и третью стадии.

2. Наиболее слабым звеном в процессе реализации третьей стадии – приготовления квасного сусла, является выпечка квасных хлебцев.

3. Стадия приготовления квасного сусла может быть доработана с целью снижения трудоемкости с одновременным изменением состава своих технологических операций, позволяющих в свою очередь, интенсифицировать экстракционный процесс и уменьшить отходы квасной гущи. Решение этих задач позволит одновременно устранить и противоречия технологического характера следующей стадии – брожение квасного сусла.

Анализ и обобщение научных работ, выполненных к настоящему времени, показывает, что прогресс в технологических решениях при производстве квасного сусла обусловлен следующими факторами (рис. 1) [3].

При этом следует особо отметить, что такие факторы как поиск новых видов сырья, внесение добавок и изменение химического состава сырья имеют ограничения, связанные с существенными отклонениями от устоявшихся предпочтений потребителей к «классическому» вкусу напитка, а фактор, связанный с оптимизацией параметров технологических процессов достаточно хорошо изучен.

На наш взгляд одним из актуальных направлений в совершенствовании технологии кваса брожения являются работы в направлении обоснованного применения новых методов обработки сырья.

Рассматривая производство квасного сусла как объект исследования, можно отметить, что техноло-

гия его выработки может быть основана на применении свежепросоженного и сухого ржаного солода.

Первая схема предполагает очистку, сортирование и взвешивание ржи, приготовление свежепросоженного ржаного солода, дробление зернового сырья, приготовление затора, фильтрование затора, концентрирование сусла, термообработку концентрата и розлив готового концентрата.

При выработке 1 т концентрата квасного сусла по данной технологии примерный расход ржи составляет 1340 кг, из которых 670 кг (50%) идет на приготовление солода. Остальная рожь в виде муки используется в качестве несоложенного сырья.

Основными преимуществами этого способа являются исключение дополнительных технологических операций, связанных с ферментацией, подсушиванием и сушкой солода. При этом способ в сравнении с применением сухого солода обеспечивает более эффективное использование ферментных комплексов ржи, а процесс меланоидинообразования, формирующий полноту вкуса, аромат и цвет концентрата квасного сусла, происходит в более сжатые сроки на конечной стадии его производства при термообработке и с меньшей потерей сухих веществ.

Следует отметить, что влажность зерна ржи в процессе проращивания следует поддерживать в пределах 44-48%, а влажность ферментированного солода после термической обработки (в случае ее включения в технологический процесс) – не ниже 35%.

По второй схеме технологии производства квасного сусла предусмотрено применение сухого ржаного солода с содержанием влаги не больше 8%.

Сравнительный анализ представленных схем показывает, что в качестве насоложенного сырья



Рис. 2. Экструдат смеси сухого ржаного солода и зерен ржи

в обоих случаях применяется измельченная рожь влажностью не более 14%. Степень измельчения зерна ржи напрямую влияет на интенсивность экстрактивного процесса, однако при этом важно не забывать и то, что с увеличением доли ржаной муки в составе зернопродуктов (и степени их помола) существенно увеличивается вязкость промежуточного продукта. Этот фактор негативно сказывается на фильтруемости кваса, а также к повышению отходов весьма сухих веществ сырья в отходы [2, 6].

Известно, что экструзионная обработка солода перед экстрагированием повышает содержание редуцирующих веществ в экстрактах, увеличивает экстрактивность начального сусла и значительно повышает цветность продукта [1].

В пивоваренной технологии предлагается применять термопластическую экструзию неизмельченных зерен ячменя, позволяющую улучшить их химический состав и технологические свойства. Обработанное таким образом сырье позволяет снизить расход дорогостоящего солода и улучшить условия для фильтрации продуктов затирания зернопродуктов в связи с заменой мелких частиц измельченного сырья на более крупные частицы экструдата неизмельченных зерен. Опубликованы работы, в которых теоретически и экспериментально обоснована целесообразность формирования смеси зернопродуктов с использованием экструдированного ячменя в качестве замены части ячменного солода при получении сусла из ячменного солода и несоложенных материалов [5].

Применение экструдата не соложенного ячменя позволяет снизить расход ячменного солода и уменьшить отходы продуктов брожения в виде гущи [8].

Положительное влияние экструзионной обработки ржаного солода и неизмельченных зерен ржи на потребительские свойства хлеба отмечено в ряде работ [4, 7].

Научной гипотезой, лежащей в основе данной статьи, является предположение о снижении трудоемкости и повышении качества вырабатываемого

квасного сусла за счет применения экструдата, полученного путем совместной обработки ржаного солода и несоложенного сырья.

Целью исследований являлась уточнение технологических режимов получения экструдата смеси ржаного солода и целого зерна ржи с целью применения его в технологии выработки квасного сусла.

Объекты и методы исследований

Исследования выполнялись с помощью одношнекового пресс-экструдера ЭК-40.

Объект исследования – смесь неизмельченных зерен солода ржаного и зерен ржи, которую подвергали экструдированию в течение 15-20 с при температуре 100-105°C. Шнек пресс-экструдера вращался с частотой вращения – 7,5 с⁻¹. В процессе реализации эксперимента применялась фильера матрицы экструдера с диаметром, равным 4 мм.

Результаты и их обсуждение

Результаты выполненных исследований показали реализуемость научной концепции, предполагающей совместное экструдирование ржаного солода с неизмельченными зёрнами ржи. При этом использование солода в сухом и свежемороженном виде имеет принципиальное отличие.

В первом случае экструдированию подвергалась смесь с пониженной влажностью. Рабочий процесс экструдера в этих условиях отличается весьма неустойчивой работой, а готовый продукт имел влажность 5-6% с возможностью его хранения некоторое время без создания специальных условий и температурного режима.

При внесении в экструдированную смесь сухого солода и зерен ржи получали экструдат ломкий, тонкий и относительно малой длины экструдат (рис. 2).

Готовый продукт имел форму «высохшей кожуры», из-за чего нарушалась форма, неравномерно распределялась смесь, скапливаясь на периферии окружности.

Следует отметить, что в разрезе этот экземпляр имел плотную структуру и мало крошился. Пористость в образце практически отсутствовала.

Существенное улучшение качества получаемого экструдата из данной смеси предполагает повышение в ней содержания воды с тем, чтобы обеспечить влажность обрабатываемого сырья до 20-22%. В этом случае можно получить пористый экструдат влажностью 10-12%. Такой вариант технологии вполне приемлем, однако требует дополнительных технологических операций, связанных с внесением в смесь расчетного количества воды и отволаживания сырья в течение 40-60 минут.

Вторая серия экспериментов включала экструдирование смеси свежемороженого солода влажностью 38% и ржи с содержанием воды 14%. Полу-

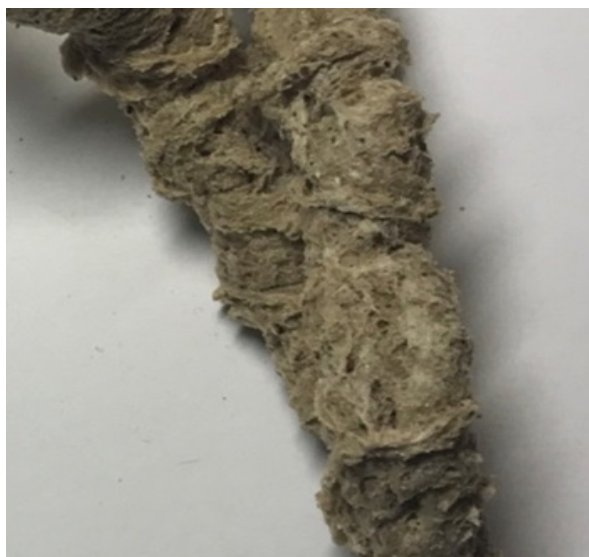


Рис. 3. Экструдат смеси свежепоросшего ржаного солода и зерен ржи

ченная смесь имела соотношение ингредиентов 1:1 и влажность примерно 26%.

Внешний вид экструдата, полученного в этих исследованиях, показывает, что в его состав входят равномерно распределенные по объему частицы солода и зерен ржи (рис. 3). В разрезе образец представляет собой пористую структуру, равномерно распределенного по объекту сырья, пропущенного через внутренний тракт экструдера.

Следует отметить, что при выходе из матри-

цы машины полученный экструдат имел достаточно высокую влажность – 18-20% , которая при его остывании в условиях температуры окружающей среды 22-250С снижается примерно на 3-5%. Экструдаты с такой влажностью не желательно хранить больше 3-5 суток в условиях перерабатывающего предприятия без применения герметичных емкостей.

Выводы

Экспериментально подтверждена научная гипотеза о снижении трудоемкости вырабатываемого квасного сусла за счет применения экструдата, полученного путем совместной обработки ржаного солода и несоложенного сырья.

Согласно теоретическим и экспериментальным исследованиям, на которые ссылаются авторы статьи, применение экструдата смеси ржаного солода и неизмельченных зерен ржи позволит снизить расход сырья и уменьшить отходы продуктов брожения в виде гущи.

Перспективы дальнейших исследований в рамках заявленной проблемы можно представить в виде дальнейших экспериментальных работ по оценке влияния экструдата, полученного путем совместной обработки ржаного солода и несоложенного сырья на повышении качества вырабатываемого квасного сусла.

Литература

- [1] Гарш, З. Э. Совершенствование технологии ржаных солодовых экстрактов с применением экструзии: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: 05.18.01 /Гарш Зинаида Эргардовна. М., 2010. 24 с.
- [2] Кобелев, К.В. Научное обоснование и разработка инновационных технологий напитков на зерновой основе и их идентификация: автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. тех. наук: 05.18.01 /Кобелев Константин Викторович. М., 2018. 50 с.
- [3] Курочкин, А.А. Совершенствование технологии кваса брожения на основе ее структурного анализа /А.А. Курочкин, Е.А. Лукьянова //Инновационная техника и технология. 2020. № 1 (22). С. 13-17.
- [4] Люнина, Е.М. Разработка технологии экструзионной обработки ржаного солода и его использование в хлебопечении: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: 05.18.01 /Люнина Елена Михайловна. М., 2006. 26 с.
- [5] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сусла с использованием экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Д.И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 6 (22). С. 103-109.

References

- [1] Garsh, Z. E. Improving the technology of rye malt extracts using extrusion: abstract. diss. on the job. uch. step. Candidate of Technical Sciences: 05.18.01 /Garsh Zinaida Ergardovna. M., 2010. 24 p.
- [2] Kobelev, K.V. Scientific substantiation and development of innovative technologies of grain-based beverages and their identification: abstract. dis. on the job. uch. step. Doctor of Technical Sciences: 05.18.01 /Kobelev Konstantin Viktorovich. M., 2018. 50 p.
- [3] Kurochkin, A.A. Improving the technology of kvass fermentation on the basis of its structural analysis /A. A. Kurochkin, E. A. Lukyanova //Innovative equipment and technology. 2020. No. 1(22). pp. 13-17.
- [4] Lunina, E.M. Development of technology of extrusion processing of rye malt and its use in baking: abstract. diss. on the job. uch. step. Candidate of Technical Sciences: 05.18.01 /Lunina Elena Mikhailovna. M., 2006. 26 p.
- [5] Optimization of the composition of grain products in the production of beer wort using extruded barley / G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, D.I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2014. No. 6 (22). pp. 103-109.
- [6] Pomozova, V. A. Production of kvass and non-alcoholic beverages: A textbook. /V. A. Pomozova. – St. Petersburg: GIOR, 2006. – 192 p.

- [6] Помозова, В.А. Производство кваса и безалкогольных напитков: Учебное пособие. /В.А. Помозова. – СПб: ГИОРД, 2006. – 192 с.
- [7] Таганова, Н.С. Влияние экструдата ржи на потребительские свойства хлеба: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук: 05.18.01 / Таганова Наталья Сергеевна М., 2009. 24 с.
- [8] Шабурова, Г.В. Перспективные технические и технологические решения в производстве кваса / Шабурова Г. В., Воронина П. К., Курмаева Л.И. // Инновационная техника и технология. 2016. № 3. С. 34-40.
- [7] Taganova, N.S. The effect of rye extrudate on the consumer properties of bread: abstract. dis. on the job. uch. step. Candidate of Technical Sciences: 05.18.01 / Taganova Natalia Sergeevna M., 2009. 24 p.
- [8] Shaburova, G.V. Perspective technical and technological solutions in the production of kvass / Shaburova G.V., Voronina P.K., Kurmaeva L.I. // Innovative technique and technology. 2016. No.3. – pp. 34-40.

Сведения об авторах

Information about the authors

Курочкин Анатолий Алексеевич доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru	Kurochkin Anatoly Alekseevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru
Соболев Егор Георгиевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: E-mail:	Sobolev Egor Georgievich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: E-mail:

Применение пюре из фейхоа в технологии пшеничного хлеба

Лукина С.И., Пономарева Е.И., Антипова А.А.

Аннотация. В статье приведены результаты исследований органолептических и физико-химических показателей качества теста и хлеба из пшеничной муки с различной дозировкой пюре из фейхоа. Установлено рациональное его внесение – 15 % к массе муки. Рассчитана пищевая ценность готовых изделий. Установлено, что продукт характеризуется повышенным содержанием микронутриентов.

Ключевые слова: пюре из фейхоа, хлеб пшеничный, показатели качества, пищевая ценность.

Для цитирования: Лукина С.И., Пономарева Е.И., Антипова А.А. Применение пюре из фейхоа в технологии пшеничного хлеба // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 24–27.

Application of feijoa puree in technology wheat bread

Lukina S.I., Ponomareva E.I., Antipova A.A.

Abstract. The article presents the results of studies of organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of dough and wheat flour bread with different dosages of feijoa puree. Its rational application has been established – 15% by weight of flour. The nutritional value of the finished products is calculated. It is established that the product is characterized by an increased content of micronutrients.

Keywords: feijoa puree, wheat bread, quality indicators, nutritional value.

For citation: Lukina S.I., Ponomareva E.I., Antipova A.A. Application of feijoa puree in technology wheat bread. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 24–27. (In Russ.).

Введение

Государственная политика РФ в области здорового питания приоритетной задачей ставит вопрос разработки и внедрения в производство пищевой продукции, а именно продуктов ежедневного потребления – хлебобулочных изделий, обогащенных незаменимыми функциональными компонентами. Включение в рацион питания хлеба с повышенным содержанием микронутриентов, способствующих профилактике заболеваний, связанных с дефицитом витаминов, макро- и микроэлементов, – экономически обоснованный и простой способ поддержания и укрепления здоровья россиян [1]. Обоснована целесообразность формирования смеси зернопродуктов с использованием экструдированного зерна [6, 7, 8].

В этом направлении целесообразно применение растительного продовольственного сырья – фруктов, ягод, овощей с высоким содержанием физиологически активных веществ. Таким перспективным сырьем может служить фейхоа – плоды вечнозеленого дерева семейства Миртовые (лат. *Acca sellowiana*).

Исторической родиной фейхоа считается горная местность южной Бразилии, где впервые была открыта в конце 19-го века. Сегодня эта ценная плодовая культура культивируется во многих регионах мира с тропическим и субтропическим климатом (Колумбия, Уругвай, Аргентина), в том числе и в России – в Краснодарском крае, Крыму, Дагестане.

Мякоть плода кисло-сладкая, с приятным клубнично-ананасовым привкусом. Ароматный запах обусловлен содержанием летучих эфиров метилбензоата, этилбензоата и этилбутаноата. Установлено, что плоды обладают антиоксидантными свойствами благодаря содержанию витаминов С, В, Р, Е, фолиевой кислоты, флавоноидов, калия, железа, цинка, марганца. В фейхоа рекордное из всех фруктов содержание йода (до 80 мкг/100 г), что составляет более половины суточной нормы. Причем йод в мякоти плодов находится в водорастворимом состоянии, что способствует его высокой степени усвоения в организме человека [2, 3].

Целью работы явилось исследование влияния дозировки пюре из фейхоа на показатели качества теста и хлеба из пшеничной муки.

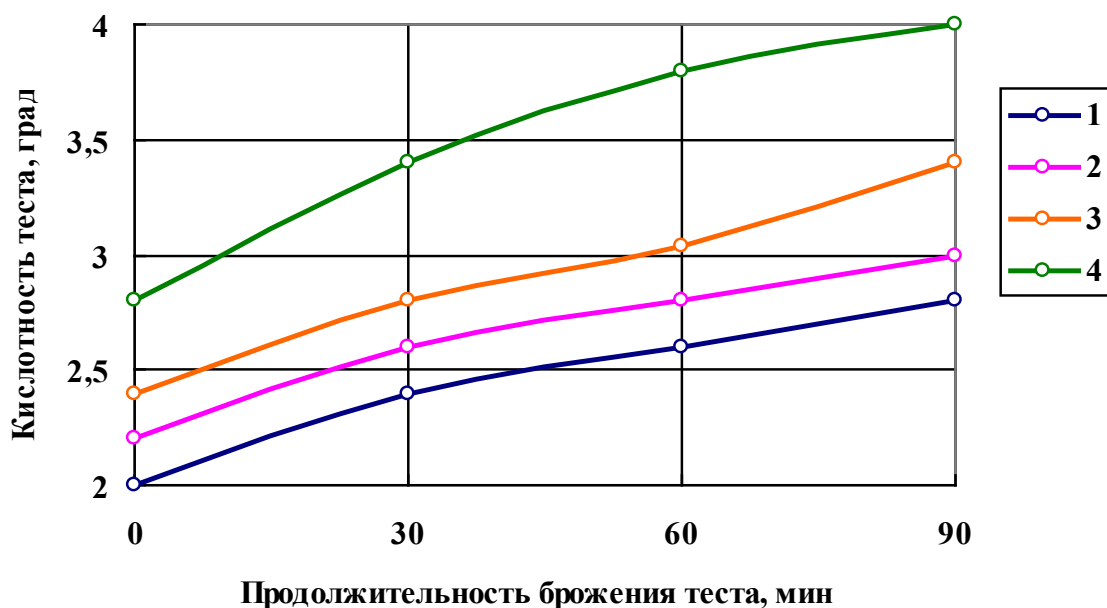


Рис. 1. Изменение кислотности теста в процессе брожения с различной дозировкой пюре из фейхоа, % к массе муки: 1 – 0 (контроль); 2 – 10; 3 – 15; 4 – 20

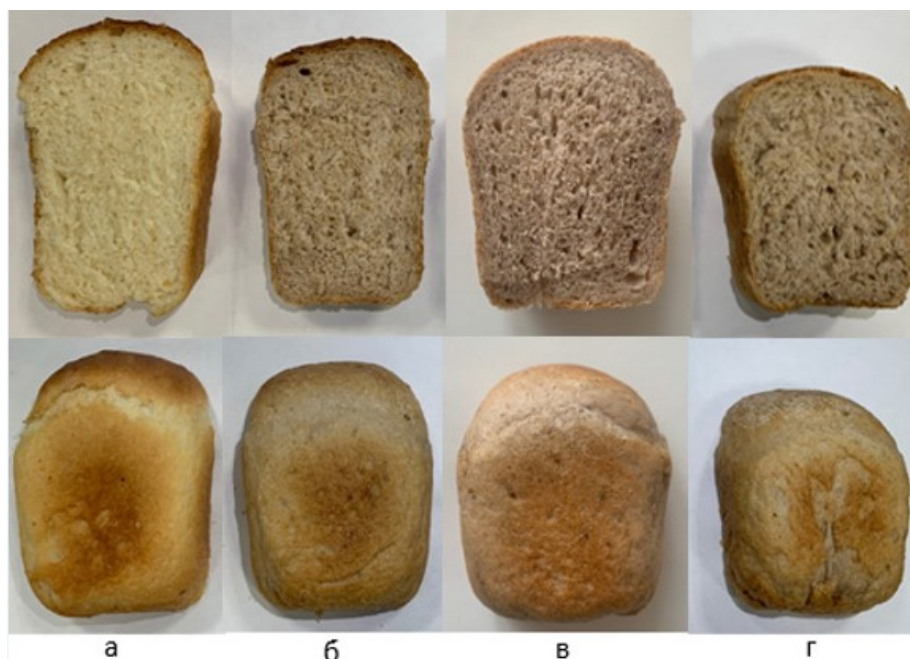


Рис. 2. Внешний вид образцов хлеба с различной дозировкой пюре из фейхоа, % к массе муки: 1 – 0 (контроль); 2 – 10; 3 – 15; 4 – 20

Объекты и методы исследований

В работе применяли следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта (ГОСТ 26574-2017), дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011), соль пищевая (ГОСТ Р 51574-2018), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), пюре из фейхоа (ГОСТ 32742-2014), вода (СанПиН 2.1.4.1074-01). Все сырье оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с методиками, приведенными в пособии [4].

В качестве контрольного образца применяли

хлеб гражданский, вырабатываемый по ГОСТ Р 58233-2018.

Тесто готовили безопарным способом влажностью 45,5 %. Пюре из фейхоа вносили в количестве 10-20 % к массе муки. Продолжительность брожения теста составляла 90 мин. Далее проводили разделку теста, расстойку тестовых заготовок при температуре 35-45°C и относительной влажности воздуха 80-85 % в течение 40 мин, выпечку хлеба осуществляли в течение 25 мин при температуре 200°C. Изделия анализировали через 24 ч после выпечки по органолептическим и физико-химическим

Таблица 1 – Физико-химические показатели качества хлеба

Наименование показателя	Значения показателей образцов хлеба с дозировкой пюре из фейхоа, % к массе муки			
	0 (контроль)	10	15	20
Влажность мякиша, %	44,5	44,5	44,5	44,5
Кислотность мякиша, град	2	2,6	2,9	3,2
Формоустойчивость подового хлеба	0,55	0,58	0,6	0,6
Удельный объем формового хлеба, см ³ /100 г	307	300	299	240

показателям качества по методикам, приведенным в пособии [5].

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты исследования показателей качества теста и готовых изделий с различной дозировкой пюре из фейхоа представлены на рис. 1, 2 и в таблице 1.

Выявлено (рис. 1), что начальная кислотность опытных проб теста увеличивалась на 0,2-0,8 град по сравнению с контрольными, что связано с высокой массовой долей титруемых кислот в пюре из фейхоа, составляющей 1,0 %. Дополнительное внесение питательных веществ с пюре способствовало повышению активности дрожжевых клеток и интенсификации процесса брожения полуфабрикатов, что позволило сократить его продолжительность до 90 мин. Бродильная активность опытной пробы теста с 15 % пюре из фейхоа на конец брожения была на 20 % лучше контрольного значения.

Литература

- [1] Оптимизация дозировок нетрадиционных видов сырья в рецептуре хлеба профилактической направленности / Е. И. Пономарева, С. И. Лукина, А. А. Журавлев, С. М. Павловская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2021. - № 4 (382). – С. 55-59.
- [2] Исследование экстрактов плодов фейхоа / Е. С. Симоненко, С. В. Симоненко, А. Ю. Золотин, А.Е. Седова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 11 (77). – С. 50-54.
- [3] Antimicrobial and antioxidant activity of proteins from Feijoa sellowiana Berg. fruit before and after in vitro gastrointestinal digestion / Marina Piscopo et al. // Nat Prod Res. – 2020. - Vol. 34(18). - P. 2607-2611.

По органолептическим показателям все исследуемые образцы хлеба имели правильную форму, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов, гладкую поверхность без трещин и подрывов, от светло- до темно-коричневого цвета, мякиш пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный, без следов непромеса, развитую пористость, без пустот и уплотнений, свойственные данному виду изделия, вкус и запах, без посторонних привкусов и запахов (рис. 2). Отмечено появление от сероватого до темно-серого оттенка мякиша хлеба с увеличением дозировки пюре. В образцах с 15 и 20 % добавки выявлен приятный фруктовый привкус и запах.

По физико-химическим показателям установлено (таблица), что увеличение дозировки пюре из фейхоа приводило к снижению удельного объема образцов хлеба, повышению кислотности мякиша, увеличению формоустойчивости подовых изделий. Рекомендуемая дозировка пюре, не оказывающая значимого отрицательного влияния на качество готовых изделий, составила 15 % к массе муки.

По результатам исследований разработана рецептура и способ приготовления хлеба «Фруктовый» (ТУ, ТИ и РЦ 10.71.11-556-02068108-2022).

Выводы

Разработанное изделие характеризуется повышенной пищевой ценностью по сравнению с контролем: содержание пищевых волокон увеличено на 18 %, доля углеводов снижена на 2 %, энергетическая ценность составила 208 ккал. Хлеб «Фруктовый» порцией 100 г обеспечит удовлетворение суточной потребности взрослого человека в микронутриентах: магнии – на 11 %, фосфоре и витамине РР – на 12 %, железе и йоде – на 14 %, тиамине – на 17 %. Продукт рекомендован для массового потребления с целью профилактики заболеваний, связанных с дефицитом микронутриентов в питании.

References

- [1] Optimizaciya dozirovok netradicionnyh vidov syr'ya v recepture hleba profilakticheskoy napravlenosti / E. I. Ponomareva, S. I. Lukina, A. A. Zhuravlev, S. M. Pavlovskaya // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya. – 2021. - № 4 (382). – S. 55-59. (Optimization of dosages of non-traditional types of raw materials in the recipe of bread of a preventive orientation)
- [2] Issledovanie ekstraktov plodov feijhoa / E. S. Simonenko, S. V. Simonenko, A. YU. Zolotin, A.E. Sedova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2018. – № 11 (77). – S. 50-54. (Research of feijoa fruit extracts)
- [3] Antimicrobial and antioxidant activity of proteins from Feijoa sellowiana Berg. fruit before and after in vitro

- [4] Практикум по общей технологии отрасли (оценка качества сырья): учеб. пособие / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алёхина, С. И. Лукина, Т. Н. Малюткина. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2017. – 300 с.
- [5] Практикум по технологии отрасли (технология хлебобулочных изделий): учеб. пособие для вузов / Е.И. Пономарева, С. И. Лукина, Н.Н. Алёхина [и др.]. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 316 с.
- [6] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [7] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сусла с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6(22). – С. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [8] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 2(51). – С. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- gastrointestinal digestion / Marina Piscopo et al. // Nat Prod Res. – 2020. - Vol. 34(18). - P. 2607-2611.
- [4] Praktikum po obshchej tekhnologii otrasli (ocenka kachestva syr'ya): ucheb. posobie / E. I. Ponomareva, N. N. Alyohina, S. I. Lukina, T. N. Malyutina. – Voronezh: IPC «Nauchnaya kniga», 2017. – 300 s. (Workshop on the general technology of the industry (assessment of the quality of raw materials))
- [5] Praktikum po tekhnologii otrasli (tekhnologiya hlebobulochnyh izdelij): ucheb. posobie dlya vuzov / E.I. Ponomareva, S. I. Lukina, N.N. Alyohina [i dr.]. – 4-e izd., ster. – Sankt-Peterburg : Lan', 2022. – 316 s. (Workshop on industry technology (bakery products technology))
- [6] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4 (45). - pp. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [7] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, D. I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. - 2014. - No. 6(22). - pp. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [8] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - pp. 134-143. – EDN BIRIFZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

Лукина Светлана Ивановна кандидат технических наук доцент кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19 E-mail: lukina.si@yandex.ru	Lukina Svetlana Ivanovna PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies Phone: E-mail: lukina.si@yandex.ru
Пonomарева Елена Ивановна доктор технических наук профессор кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19 E-mail: elena6815@yandex.ru	Ponomareva Elena Ivanovna D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies E-mail: elena6815@yandex.ru
Антипова Анастасия Александровна магистрант кафедры «Технология хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» 394036, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 19 E-mail: anantipova86@yandex.ru	Antipova Anastasia Alexandrovna undergraduate of the department «Technology of bakery, confectionery, macaroni and grain processing industries» Voronezh State University of Engineering Technologies E-mail: anantipova86@yandex.ru

Аддитивное производство функциональных продуктов питания на основе пектина

Скоморохова А.И., Щегольков А.В., Талыков В.А., Зорина А.О.

Аннотация. Актуальность производства пектина обуславливается его полезными свойствами, являющимися предметом изучения отечественных и зарубежных ученых. На основе пектина изготавливают пищевую упаковку, оболочку для таблеток. Его используют в аддитивном производстве для придания материалу печати требуемой консистенции, а также в качестве жирозаменителя при диетическом питании. В статье предлагается линия получения пектина из крупноплодной тыквы сорта «Мичуринская», произрастающей в Тамбовской области. Представлена блок-схема линии комплексной переработки, которая включает не только производство пектина, но и создание растительных порошков, экстрактов, чипсов. Отходы производства отправляются на переработку для создания корма животным, что позволяет наиболее полно использовать потенциал перерабатываемого сырья. Предложено аппаратное оформление линии в виде установки для вакуумной очистки, двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушилки, двухступенчатой дисково-шаровой вакуумной мельницы, универсальной экстрактно-выпарной установки. Основным элементом всех установок является жидкостнокольцевой вакуумный насос, обеспечивающий щадящие температурные режимы, способствующие максимальному сохранению биологически активных веществ исходного сырья. Полученный пектин можно использовать в качестве связующего вещества при аддитивном производстве продуктов питания функционального назначения. Технологии трехмерной печати в пищевой промышленности в настоящее время пользуются значительным спросом, ввиду возможности создания блюд с определенным набором полезных свойств и заданными органолептическими показателями, что важно при производстве продуктов для диетического питания. Повышения эффективности 3D-печати и качества готового продукта можно повысить путем совершенствования конструкции пищевого принтера. В статье предлагается внедрение в принтер тепловых аккумуляторов, модернизация экструдера и разработка дополнительной камеры для вакуумного выпекания изделий из теста.

Ключевые слова: пектин, переработка, сушка, измельчение, экстрагирование, питание, 3D-принтер.

Для цитирования: Скоморохова А.И., Щегольков А.В., Талыков В.А., Зорина А.О. Аддитивное производство функциональных продуктов питания на основе пектина // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 28–35.

Additive Manufacturing of Pectin-Based Functional Foods

Skomorokhova A.I., Shchegolkov A.V., Talykov V.A., Zorina A.O.

Abstract. The relevance of pectin production is determined by its useful properties, which are the subject of study by domestic and foreign scientists. On the basis of pectin, food packaging, a shell for tablets are made. It is used in additive manufacturing to give the print material the desired consistency, as well as a fat substitute in dietary nutrition. The article proposes a line for the production of pectin from a large-fruited pumpkin of the Michurinskaya variety growing in the Tambov region. A block diagram of the complex processing line is presented, which includes not only the production of pectin, but also the creation of vegetable powders, extracts, chips. Production waste is sent for processing to create animal feed, which allows the fullest use of the potential of the processed raw materials. The hardware design of the line is proposed in the form of a vacuum cleaning unit, a two-stage convective vacuum-impulse dryer, a two-stage disk-ball vacuum mill, and a universal extract-evaporator unit. The main element of all installations is a liquid ring vacuum pump, which provides gentle temperature conditions that contribute to the maximum preservation of biologically active substances of the feedstock. The resulting pectin can be used as a binder in the additive production of functional foods. 3D printing technologies in the food industry are currently in great demand, due to the possibility of creating dishes with

a certain set of useful properties and specified organoleptic parameters, which is important in the production of dietary foods. Improving the efficiency of 3D printing and the quality of the finished product can be improved by improving the design of the food printer. The article proposes the introduction of thermal accumulators into the printer, the modernization of the extruder and the development of an additional chamber for vacuum baking dough products.

Keywords: pectin, processing, drying, grinding, extraction, nutrition, 3D printer.

For citation: Skomorokhova A.I., Shchegolkov A.V., Talykov V.A., Zorina A.O. Additive Manufacturing of Pectin-Based Functional Foods. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 28–35. (In Russ.).

Введение

Разработка новых продуктов питания, обладающих функциональными свойствами, является важным направлением исследований в области пищевой промышленности. Придание функциональных свойств продуктам ежедневного рациона можно за счет обогащения их биологически активными веществами (БАВ). В настоящее время ведется активное изучение подходов к производству пищевых добавок в виде порошков и экстрактов, богатых БАВ, на основе растительного сырья [1]. Разработка пищевых композитов, добавка которых в регулярно потребляемые продукты будет обогащать их ингредиентами, необходимо для физиологически приемлемого питания людей [21, 22, 23].

Немаловажным в производстве функциональной продукции является способ приготовления. Так, перспективным представляется использование аддитивных технологий, позволяющих создавать блюда с определенным набором полезных компонентов, заданными вкусовыми качествами и удовлетворяющие индивидуальным потребностям различных групп населения, которым требуется особое питание [2]. Важной особенностью трехмерной печати является возможность использования дешевого нетрадиционного сырья, например, насекомых, мучных червей, водорослей и т.п., которые при традиционном производстве трудно, а зачастую невозможно, подать в эстетически приемлемом виде. Главное требование – подходящая

для печати консистенция, которая обеспечивается тщательным подбором используемых материалов и связующего вещества [3].

Авторы работы [4] представили обширный обзор применения пектиновых гидрогелей, в том числе как связующего при трехмерной пищевой печати. Отмечаются возможность использования пектина в качестве жиरोзаменителя при диетическом питании, а также в качестве основы для создания пищевой упаковки или оболочки таблеток.

В статье [5] предложена рецептура спортивных напитков на основе пектина, которые включают жидкий яблочный пектин (производство Венгрия); пектин сухой, низкометоксилированный, амидированный быстрорастворимый цитрусовый (Производство КНР); аминокислотный комплекс незаменимых аминокислот – лейцин, изолейцин, валин, соотношение (производство Китай); мультивитаминный комплекс, быстро растворимая форма в виде порошка (производство Венгрия); концентрат сывороточного белка (Производство Россия). Как отмечается в работе [6] РФ является главным импортером пектина в связи с отсутствием собственного производства.

Вышеизложенное свидетельствует об актуальности изучения свойств пектиновых веществ и способов их получения в рамках реализации импортозамещения.

В работе предлагается использовать в качестве ингредиентов продукты переработки сельскохозяйственного сырья, произрастающих в условиях Центрального Черноземья, а в качестве связующего – пектин, полученный из тыквы сорта «Мичуринская» [7]. Особое внимание здесь необходимо уделять выбору наиболее подходящего оборудования и определению рациональных режимных параметров, в частности температуры, которые должны обеспечивать сохранение максимального количества БАВ на каждом из этапов переработки.

Целью работы является разработка технологической схемы комплексной переработки тыквы сорта «Мичуринская» с получением пектина для дальнейшего его применения в аддитивном производстве продуктов питания функционального назначения.



Рис. 1. Крупноплодная тыква сорта «Мичуринская»

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является технология получения пектина из крупноплодной тыквы «Мичуринская», показанной на рис. 1.

При проведении исследования использовались методы, изложенные в источнике [13].

Именно этот сорт тыквы был выбран из-за его легкой доступности и большого содержания не только пектиновых веществ, но и других полезных компонентов (табл.1) [8].

Разрабатываемая линия комплексной переработки тыквы сорта «Мичуринская» с получением пектина включает вакуумную очистку, нарезку, сушку, экстрагирование и извлечение пектина. Для каждого из этапов переработки разработаны опытные установки и экспериментально определены режимные параметры процессов.

Устройство для очистки сырья паром под вакуумом и принцип его работы описывается в патенте [9]. Сушка осуществляется на двухступенчатой конвективной вакуумно-импульсной сушильной установке при осциллирующем режиме на первой ступени с температурой теплоносителя 75-20-50 °С. На второй ступени температура теплоносителя составляет 56 °С. Скорость теплоносителя на обеих ступенях равна 2,5 м/с. Влажность воздуха при проведении экспериментов составляла 30...50% [10, 11]. Экстрагирование сушеной тыквы «Мичуринская» с гидромодулем 1:5 осуществляется при температуре 55 °С в течение 45 минут на универсальной экстрактно-выпарной установке [12, 13]. Экстрагентом служит полученный в анодной камере диафрагменного электролизера после обработки водного раствора хлорида натрия анолит с pH 4,0-4,5. Электрохимическая активация обеспечивает щадящий режим одновременно с этим ускоряя процесс, и на выходе получается более качественный продукт. Извлечение пектина осуществляется путем прессования проэкстрагированного жома с

Таблица 1 – Содержание некоторых веществ в тыкве сорта «Мичуринская»

Показатель	Содержание в % на 100г съедобной части
Сухие вещества	17,41
Сумма каратиноидов	4,17
Сумма пектиновых веществ	1,74
Сумма растворимых сахаров	1,74
Глюкоза	0,27
Фруктоза	0,93
Сахароза	0,54
Крахмал	1,24

дальнейшим смешением экстракта с гидролизатом. Из полученной смеси фильтрацией, концентрацией и осаждением с использованием этилового спирта извлекается пектин, который затем просушивается при температуре 55°C, измельчается и просеивается [14]. Здесь перспективным является применение мембранной фильтрации для извлечения пектина. В линии предусмотрено получение порошка сушеной тыквы на двухступенчатой дисково-шаровой вакуумной мельнице.

Важным элементом оборудования, входящего в линию, является жидкостнокольцевой вакуумный насос (ЖВН), который в зависимости от назначения имеет различную модификацию [15, 16]. На рис. 2 представлен модели одноступенчатого ЖВН с устройством автоматического регулирования нагнетательного окна.

Такой вакуумный насос применяется, когда требуется величина вакуума, превышающего 10 кПа и подходит для процессов, где требуется постоянное изменение этой величины, например, при измельчении для вакуумного отвода частиц заданной степени помола [17].

Результаты

Блок-схема линии производства пектина из крупноплодной тыквы сорта «Мичуринская» представлена на рис.3.

При проектировании линии переработки растительного материала особое внимание уделяется выбору щадящих температурных параметров, исключающих денатурацию важных компонентов сырья, и выбору экологически безопасного энергоэффективного оборудования. Линия предполагает получение и других продуктов (чипсов, порошка, экстракта, корма животным), помимо пектина, что позволяет максимально использовать потенциал перерабатываемого сырья.

Обсуждение

Перспективы использования пектина в аддитивном производстве продуктов питания приводят-

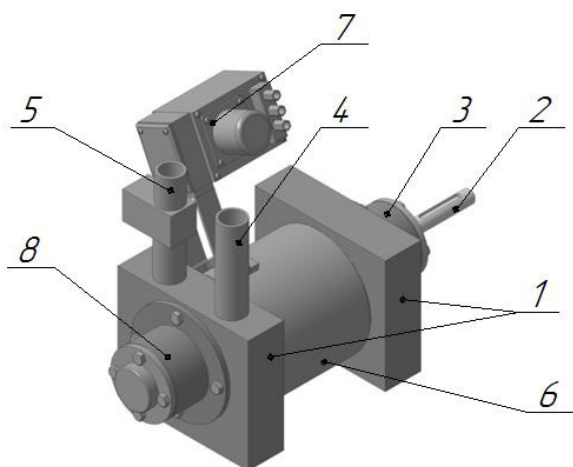


Рис. 2. ЖВН с устройством автоматического регулирования нагнетательного окна: 1 – боковые стойки; 2 – вал; 3, 8 – подшипниковые опоры; 4 – впускной патрубок; 5 – выпускной патрубок; 6 – корпус; 7 – нагнетательное устройство

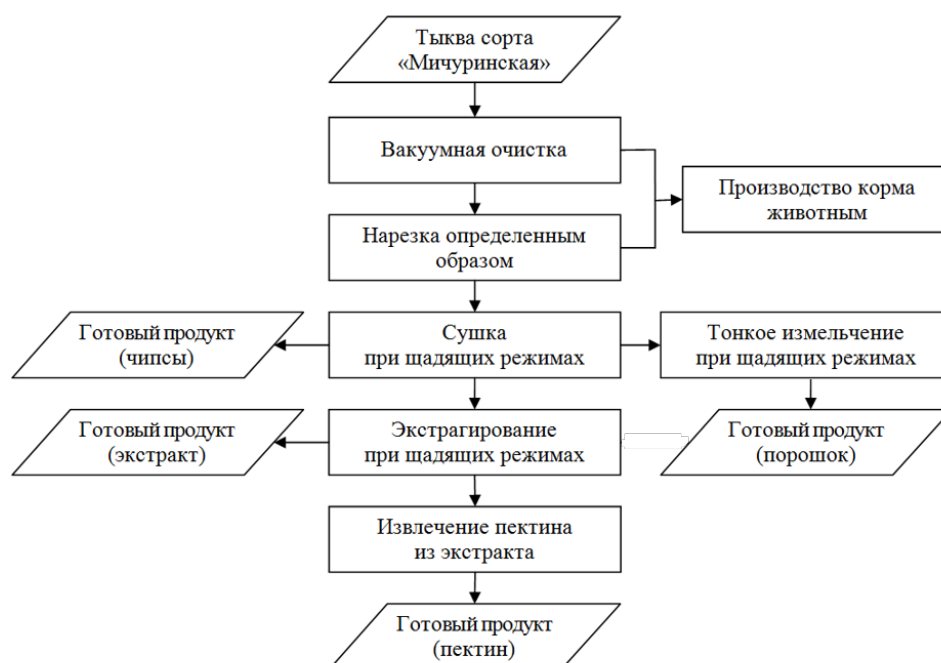


Рис. 3. Блок-схема комплексной переработки тыквы сорта «Мичуринская» с получением пектина

ся в статье [18]. Пектин хорошо подходит для придания требуемой консистенции материалу печати, а также на его основе можно создавать биоразлагаемую экологически безопасную упаковку или оболочку для таблеток [19]. Также там описана линия производства функциональных продуктов питания с применением трёхмерной печати. Важной частью проводимых исследований является разработка энергоэффективного экологически безопасного оборудования и обеспечение режимных параметров, исключающих денатурацию БАВ в процессе переработки.

Аддитивное производство также должно отвечать обозначенным требованиям, ввиду чего разрабатывается опытная установка пищевого 3D-принтера с встроенными теплоаккумулирующими элементами для повышения качества готового продукта, модифицированным экструдером для управления скоростью печати и вакуумной камерой для выпекания изделий из теста. Подробное описание предлагаемых улучшений изложено в работе [20].

Выводы

Предложенная линия комплексной переработки крупноплодной тыквы сорта «Мичуринская» с получением пектина позволит не только создать

новую продукцию с высоким содержанием БАВ, но и значительно сократить отходы производства. Использование легкодоступного сырья уменьшит затраты на транспортировку и хранение, кроме того решается задача импортозамещения. Использование полученного пектина в трехмерной печати открывает новые возможности в области производства продуктов питания функционального назначения.

Перспективной дальнейших исследований является применение мембранных фильтров при извлечении пектина после экстрагирования, разработка рецептуры для пищевой печати, а также создание пробных образцов на основе пектина с заданными свойствами на опытной установке пищевого 3D-принтера.

Работа выполнена при содействии фонда ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям)» по договору №17503ГУ/2022 от 28.04.2022 г. «Разработка пищевого 3D-принтера для изготовления продуктов питания функционального назначения» в рамках конкурса УМНИК-21.

Литература

- [1] Герасименко, Н. Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н. Ф. Герасименко, В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 4(12). С. 52-57. EDN VIPFHU.

References

- [1] Gerasimenko, N. F. Zdorovoe pitanie i ego rol' v obespechenii kachestva zhizni / N. F. Gerasimenko, V. M. Poznyakovskii, N. G. Chelnakova // Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2016. No. 4(12). pp. 52-57. EDN VIPFHU.

- [2] Cakmak H., Gumus C.E. 3D food printing with Improved functional properties: A review // International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry. 2020. No 4 (2). P. 178-192.
- [3] Дресвянников, В. А. Анализ применения аддитивных технологий в пищевой промышленности / В. А. Дресвянников, Е. П. Страхов, А. С. Возмищева // Продовольственная политика и безопасность. 2017. Т. 4. № 3. С. 133-139. DOI 10.18334/ppib.4.3.38500. EDN WZRJPC.
- [4] Ishwarya S P., Nisha P. Advances and prospects in the food applications of pectin hydrogels // Critical reviews in food science and nutrition. 2022. Vol. 62. No 16. P. 4393-4417.
- [5] Донченко, Л. В. Разработка рецептур напиток-концентратов на основе пектина для спортивного питания / Л. В. Донченко, А. В. Макаева // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства : сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Керчь, 11–15 мая 2022 года. Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2022. С. 149-151. EDN EDQFCL.
- [6] Анализ параметров экстрагирования пектина из топинамбура с использованием ультразвука / И. Ж. Исаков, Е. Е. Ланина, В. Я. Кучеренко [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. № 1. С. 129-136. EDN ONYKBQ.
- [7] Селекционное достижение тыква крупноплодная Мичуринская (Cucurbita maxima Duch): пат. 2752 РФ. / Скрипников Ю.Г.; заявл. 04.07.2000; опубл. 14.06.2005.
- [8] Скоморохова, А. И. Разработка технологии производства пектина из крупноплодной тыквы Тамбовской области / А. И. Скоморохова, Э. С. Иванова, В. С. Ермаков // Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья : материалы I Всероссийской конференции с международным участием, Тамбов, 24–25 мая 2019 года. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2019. С. 449-452. EDN QCBOYW.
- [9] Патент № 2570300 C1 Российская Федерация, МПК A23N 7/00. Энергосберегающее устройство для очистки растительного сырья паром : № 2014115182/13 : заявл. 15.04.2014 : опубл. 10.12.2015 / А. В. Щегольков, Ю. В. Родионов, Ю. Г. Скрипников [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО ТГТУ). EDN QNSAAM.
- [10] Зорин А.С. Совершенствование технологии и технических средств комбинированной вакуумной сушки растительного сырья для производства
- [2] Cakmak H., Gumus C.E. 3D food printing with Improved functional properties: A review // International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry. 2020. No 4 (2). P. 178-192.
- [3] Dresvyannikov, V. A. Analiz primeneniya additivnykh tekhnologii v pishchevoi promyshlennosti / V. A. Dresvyannikov, E. P. Strakhov, A. S. Vozmishcheva // Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'. 2017. T. 4. No. 3. pp. 133-139. DOI 10.18334/ppib.4.3.38500. EDN WZRJPC.
- [4] Ishwarya S P., Nisha P. Advances and prospects in the food applications of pectin hydrogels // Critical reviews in food science and nutrition. 2022. Vol. 62. No 16. P. 4393-4417.
- [5] Donchenko, L. V. Razrabotka retseptur napitkov-kontsentratorov na osnove pektina dlya sportivnogo pitaniya / L. V. Donchenko, A. V. Makaeva // Innovatsionnye napravleniya integratsii nauki, obrazovaniya i proizvodstva : sbornik materialov III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Kerch', 11–15 maya 2022 goda. Kerch': FGBOU VO «Kerchenskii gosudarstvennyi morskoi tekhnologicheskii universitet», 2022. pp. 149-151. EDN EDQFCL.
- [6] Analiz parametrov ekstragirovaniya pektina iz topinambura s ispol'zovaniem ul'trazvuka / I. Zh. Iskakov, E. E. Lanina, V. Ya. Kucherenko [i dr.] // Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2022. No. 1. pp. 129-136. EDN ONYKBQ.
- [7] Seleksionnoe dostizhenie tykva krupnoplodnaya Michurinskaya (Cucurbita maxima Duch): pat. 2752 RF. / Skripnikov Yu.G.; zayavl. 04.07.2000; opubl. 14.06.2005.
- [8] Skomorokhova, A. I. Razrabotka tekhnologii proizvodstva pektina iz krupnoplodnoi tykvy Tambovskoi oblasti / A. I. Skomorokhova, E. S. Ivanova, V. S. Ermakov // Importozameshchayushchie tekhnologii i oborudovanie dlya glubokoi kompleksnoi pererabotki sel'skokhozyaistvennogo syr'ya : materialy I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Tambov, 24–25 maya 2019 goda. Tambov: Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2019. pp. 449-452. EDN QCBOYW.
- [9] Patent No. 2570300 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A23N 7/00. Energoberegayushchee ustroystvo dlya ochistki rastitel'nogo syr'ya parom : No. 2014115182/13 : zayavl. 15.04.2014 : opubl. 10.12.2015 / A. V. Shchegol'kov, Yu. V. Rodionov, Yu. G. Skripnikov [i dr.] ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet» (FGBOU VPO TGTU). EDN QNSAAM.
- [10] Zorin A.S. Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv kombinirovannoi vakuumnoi sushki rastitel'nogo syr'ya dlya proizvodstva chipsov: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01. Tambov, 2019. p. 156.

- чипсов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Тамбов, 2019. С. 156.
- [11] Патент № 2548230 C2 Российская Федерация, МПК F26B 17/10, F26B 5/04. Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов : № 2013111266/06 : заявл. 12.03.2013 : опубл. 20.04.2015 / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, А. С. Зорин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» ФГБОУ ВПО ТГТУ, Общество с ограниченной ответственностью «Новые агрегаты вакуумной сушки» ООО Навакс». EDN YAYYDI.
- [12] Исследование и выбор режимных параметров экстрагирования биологически активных веществ из тыквы сорта «мичуринская» / С. П. Рудобашта, А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин // Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства : Сборник научных трудов Международного научно-технического семинара, посвящённого 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева, Москва, 22–23 мая 2018 года. Москва: Издательство «Перо», 2018. С. 189-196. EDN YAGZVR.
- [13] Патент № 2738938 C1 Российская Федерация, МПК B01D 11/02, B01D 1/22. Универсальная вакуумная экстрактно-выпарная установка : № 2019143887 : заявл. 23.12.2019 : опубл. 18.12.2020 / С. А. Анохин, Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»). EDN WAWULD.
- [14] Комплексная безотходная переработка тыквы сорта «Мичуринская» / Э.С. Иванова, А.Н. Бочарова, А.И. Скоморохова // В сборнике: «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» Выпуск X. Тамбов, 2018. С. 82-85.
- [15] Novel Construction of Liquid Ring Vacuum Pumps / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2019. Vol. 55. No 5-6. P. 473-479. DOI 10.1007/s10556-019-00648-z. EDN QSCFXF.
- [16] Design of Liquid-Ring Vacuum Pump with Adjustable Degree of Internal Compression / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2021. Vol. 57. No 5-6. P. 477-483. DOI 10.1007/s10556-021-00962-5. – EDN IEAPJM.
- [17] Совершенствование технологии получения порошков из растительного сырья / С. И. Данилин, Ю. Ю. Родионов, Ю. В. Родионов [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. № 4. С. 150-159. EDN JITFII.
- [18] Vancauwenberghe V. et al. 3D printing of plant tissue for innovative food manufacturing: Encapsulation of
- [11] Patent No. 2548230 C2 Rossiiskaya Federatsiya, MPK F26B 17/10, F26B 5/04. Energosberegayushchaya dvukhstupenchataya sushil'naya ustanovka dlya rastitel'nykh materialov : No. 2013111266/06 : yayavl. 12.03.2013 : opubl. 20.04.2015 / Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, A. S. Zorin [i dr.] ; yayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet» FGBOU VPO TGTU, Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'yu «Novye agregaty vakuumnoi sushki» OOO Navaks». EDN YAYYDI.
- [12] Issledovanie i vybor rezhimnykh parametrov ekstragirovaniya biologicheskii aktivnykh veshchestv iz tykvy sorta «michurinskaya» / S. P. Rudobashta, A. A. Gus'kov, Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin // Sushka, khranenie i pererabotka produktsii rastenievodstva : Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo seminar, posvyashchennogo 175-letiyu so dnya rozhdeniya K.A. Timiryazeva, Moskva, 22–23 maya 2018 goda. Moskva: Izdatel'stvo «Pero», 2018. pp. 189-196. EDN YAGZVR.
- [13] Patent No. 2738938 C1 Rossiiskaya Federatsiya, MPK B01D 11/02, B01D 1/22. Universal'naya vakuumnaya ekstraktno-vyparnaya ustanovka : No. 2019143887 : yayavl. 23.12.2019 : opubl. 18.12.2020 / S. A. Anokhin, D. V. Nikitin, Yu. V. Rodionov [i dr.] ; yayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet» (FGBOU VO «TGTU»). EDN WAWULD.
- [14] Kompleksnaya bezotkhodnaya pererabotka tykvy sorta «Michurinskaya» / E.S. Ivanova, A.N. Bocharova, A.I. Skomorokhova // V sbornike: «Problemy tekhnogennoi bezopasnosti i ustoichivogo razvitiya» Vypusk X. Tambov, 2018. pp. 82-85.
- [15] Novel Construction of Liquid Ring Vacuum Pumps / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2019. Vol. 55. No 5-6. P. 473-479. DOI 10.1007/s10556-019-00648-z. EDN QSCFXF.
- [16] Design of Liquid-Ring Vacuum Pump with Adjustable Degree of Internal Compression / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2021. Vol. 57. No 5-6. P. 477-483. DOI 10.1007/s10556-021-00962-5. – EDN IEAPJM.
- [17] Sovershenstvovanie tekhnologii polucheniya poroshkov iz rastitel'nogo syr'ya / S. I. Danilin, Yu. Yu. Rodionov, Yu. V. Rodionov [i dr.] // Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2020. No. 4. pp. 150-159. EDN JITFII.
- [18] Vancauwenberghe V. et al. 3D printing of plant tissue for innovative food manufacturing: Encapsulation of alive plant cells into pectin based bio-ink // Journal of Food Engineering. 2019. Vol. 263. pp. 454-464.
- [19] Pektin-Zeinovye geli dlya inkapsulirovaniya lekarstvennykh sredstv i pishchevykh ingredientov / Kh. I. Teshae, D. T. Bobokalonov, A. S. Dzhonmurodov [i

- alive plant cells into pectin based bio-ink // Journal of Food Engineering. 2019. Т. 263. С. 454-464.
- [19] Пектин-Зеиновые гели для инкапсулирования лекарственных средств и пищевых ингредиентов / Х. И. Тешаев, Д. Т. Бобокалонов, А. С. Джонмуродов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2011. Т. 54. № 11. С. 97-100. EDN OIVCWH.
- [20] Скоморохова, А. И. Концепция пищевого 3D-принтера для изготовления продуктов питания функционального назначения / А. И. Скоморохова, Д. С. Алексенцев // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : Сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов. Том Выпуск XIII. Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», 2021. С. 56-59. EDN EDWFHE.
- [21] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сусла с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6(22). – С. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [22] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [23] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 2(51). – С. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- dr.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. 2011. Vol. 54. No 11. pp. 97-100. EDN OIVCWH.
- [20] Skomorokhova, A. I. Kontsepsiya pishchevogo 3D-printera dlya izgotovleniya produktov pitaniya funktsional'nogo naznacheniya / A. I. Skomorokhova, D. S. Aleksentsev // Problemy tekhnogennoi bezopasnosti i ustoichivogo razvitiya : Sbornik nauchnykh statei molodykh uchenykh, aspirantov i studentov. Tom Vypusk XIII. Tambov : Izdatel'skii tsentr FGBOU VO «Tambovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet», 2021. pp. 56-59. EDN EDWFHE.
- [21] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, D. I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus . - 2014. - No. 6(22). - pp. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [22] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4 (45). - pp. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [23] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - pp. 134-143. – EDN BIRIFZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

Скоморохова Анастасия Игоревна аспирант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5 Тел.: +7(915) 887-01-15 E-mail: nasta373@mail.ru	Skomorokhova Anastasia Igorevna postgraduate student of the department «Computer-integrated systems in mechanical engineering» Tambov State Technical University Phone: +7(915) 887-01-15 E-mail: nasta373@mail.ru
Щегольков Александр Викторович кандидат технических наук доцент кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5 Тел.: +7(920) 475-73-37 E-mail: energynano@yandex.ru	Shchegolkov Alexander Viktorovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Technique and Technology for the Production of Nanoproducts» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 475-73-37 E-mail: energynano@yandex.ru
Талыков Валерий Александрович директор Тамбовский филиал ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ» 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 130, № 3 Тел.: +7(475) 272-00-35 E-mail: vtalykov@gmail.com	Talykov Valery Alexandrovich director Tambov branch of Michurinsky State Agrarian University Tambov branch of Michurinsky State Agrarian University Phone: +7(475) 272-00-35 E-mail: vtalykov@gmail.com
Зорина Ольга Александровна аспирант кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5 Тел.: E-mail: zorina.olya90@gmail.com	Zorina Olga Alexandrovna postgraduate at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: E-mail: zorina.olya90@gmail.com

Влияние свойств сырья и параметров процесса на антиоксидантную активность экструдированной чечевицы

Фролов Д.И., Кудря А.Н.

Аннотация. В статье определено влияние свойств сырья и параметров экструзии на антиоксидантные свойства продуктов из чечевицы. Методом катодной вольтамперометрии определена антиоксидантная активность экструдатов чечевицы по сравнению с эталонным образцом (без экструзии). Кинетический критерий (К) этих образцов существенно превышает показатель в сравнении с не экструдированным образцом. Анализ данных по антиоксидантной активности исследованных образцов и условий экструзии, при которых эти образцы были получены, показал, что сочетанное влияние низкой влажности чечевичной крупы ($W = 18$ г/кг) и средней степени сжатия (3 : 1) или высокое содержание влаги в чечевичной крупе ($W = 25$ г/кг) и низкой степени сжатия (1 : 1), явились условиями получения образцов с наибольшей антиоксидантной активностью.

Ключевые слова: чечевица, экструдат, антиоксидант, вольтамперограмма, кинетический критерий, сырье.

Для цитирования: Фролов Д.И., Кудря А.Н. Влияние свойств сырья и параметров процесса на антиоксидантную активность экструдированной чечевицы // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 36–41.

Influence of raw material properties and process parameters on the antioxidant activity of extruded lentils

Frolov D.I., Kudrya A.N.

Abstract. The article determines the influence of the properties of raw materials and extrusion parameters on the antioxidant properties of lentil products. The antioxidant activity of lentil extrudates was determined by cathodic voltammetry in comparison with the reference sample (without extrusion). The kinetic criterion (K) of these samples is significantly higher than that of the non-extruded sample. An analysis of the data on the antioxidant activity of the studied samples and the extrusion conditions under which these samples were obtained showed that the combined effect of low moisture content of lentil groats ($W = 18$ g/kg) and medium compression ratio (3 : 1) or high moisture content in lentil cereals ($W = 25$ g/kg) and a low compression ratio (1 : 1) were the conditions for obtaining samples with the highest antioxidant activity.

Keywords: lentil, extrudate, antioxidant, voltammogram, kinetic criterion, raw material.

For citation: Frolov D.I., Kudrya A.N. Influence of raw material properties and process parameters on the antioxidant activity of extruded lentils. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 36–41. (In Russ.).

Введение

Чечевица представляет собой растение семейства бобовых. Питательные и вкусовые качества делают чечевицу превосходящим все другие бобовые растения. Чечевица богата белками (20-30%), углеводами (50-58%) и пищевыми волокнами (в среднем 19,2%). Содержание жира находится в пределах от 1,0 до 1,5%. Зольность колеблется от 2,3 до 3,5% [5].

Липиды бобовых богаты альфа-линоленовой кислотой. Чечевица также является хорошим источ-

ником витаминов А, Е, С и витаминов группы В: В1, В2, РР, В6 [6].

Природные антиоксиданты: фенолы, полифенолы, витамины и минеральные вещества, такие как цинк и селен, содержащиеся в бобовых, положительно влияют на здоровье человека. Антиоксиданты обладают разными механизмами действия: удаляют свободные радикалы, образуют с ионами металлов хелаты, катализирующие реакции окисления и ингибируют активность окислительных ферментов. Потребление бобовых помогает предотвратить остеопороз, некоторые виды рака и уменьшает

накопление липидов в организме. Антиоксиданты в бобовых могут претерпевать некоторые изменения при термической обработке, что приводит к изменению антиоксидантной активности продуктов.

Экструзия представляет собой сложный технологический процесс, при котором изделия подвергаются совместному воздействию влаги, температуры и давления [7, 8, 9]. Он улучшает усвояемость белка за счет его денатурации, делая молекулы более доступными для ферментов пищеварительного тракта. Экструзия значительно снижает содержание антипитательных веществ в семенах бобовых. А также влияет на содержание биологически активных веществ в бобовых, таких как фенолы, полифенолы и витамины, определяющие антиоксидантные свойства продуктов.

Исследования фенольного состава экструдированной муки из трех сортов фасоли, показал увеличение содержания фенола в экструдатах на 14% по сравнению с сырыми бобами [2].

Было изучено влияние экструзии на биологически активные соединения и антиоксидантную способность смесей фасоли/кукурузы (в пропорции 60:40), экструдированных при различном содержании влаги и температурах (150°C – 190°C). Смесь влажностью 16,3%, экструдированная при температуре 142°C, имела наибольшее содержание полифенолов и антиоксидантную активность. Другие исследователи сообщали об увеличении общего количества фенолов, флавоноидов и антиоксидантной активности в смесях экструдированной картофельной и гороховой муки [1].

Влияние экструзии на стабильность витаминов группы В изучалось в основном для злаков. Водорастворимые витамины группы В являются коферментами, имеющими исключительное значение для функционирования клеток. Антиоксидантная активность защищает клетки от токсического окислительного стресса. Митохондрии подвергаются риску в случае любого дефицита витамина В. Витамин В1 (тиамин) наиболее тщательно изучается на предмет стабильности во время экструзии, за ним следуют витамин В2 (рибофлавин) и витамин С (аскорбиновая кислота). Исследований других витаминов группы В или витамина Е было меньше.

Наиболее стабильны при экструзии злаков в

различных условиях были витамины В2 и В3 (ниацин), тогда как витамин В1 был наименее стабилен.

Увеличение исходного содержания воды путем добавления 3-11% воды улучшало стабильность В1, В6 и В9 (фолиевая кислота). Экструзия пшеничной муки приводила к снижению В1 при повышении температуры продукта.

В литературных источниках недостаточно данных об оптимальных условиях экструзии чечевичной крупы с точки зрения сохранения биологически активных веществ и антиоксидантной активности.

Цель настоящего исследования заключалась в оценке антиоксидантной активности экструдатов из чечевицы, полученных при различных условиях экструзии с различной влажностью сырья, температурой матрицы, скоростью вращения шнека и степенью сжатия.

Объекты и методы исследования

Образцы чечевицы закупались на местном рынке или в магазине.

Семена чечевицы измельчали с помощью молотковой мельницы и просеивали через стандартные сита. Размер подготовленных частиц чечевичной крупы составлял около 0,001 мкм в диаметре. Чечевичную крупу смешивали с дистиллированной водой до получения необходимой влажности (18,25 г/кг). Влажное сырье помещали и выдерживали в герметичных полиэтиленовых пакетах в течение 12 ч в холодильнике при 5°C. Перед экструзией образцы выдерживали в течение 2 ч при комнатной температуре.

Все эксперименты по экструзии проводили с использованием одношнекового лабораторного экструдера ЭК-40 (диаметр шнека 40 мм) с использованием фильеры диаметром 5 мм. Скорость шнека подачи была зафиксирована на уровне 70 мин⁻¹. Температура зоны подачи и зоны дозирования составляла 150°C и 160°C. Варьировались температура матрицы, скорость вращения шнека и степень сжатия (табл. 1).

Общее количество фенолов в образцах оценивали с использованием колориметрического метода.

Антиоксидантную активность определяли методом катодной вольтамперометрии с использованием растворов, полученных из экструдатов.

Экструдат отобранных образцов измельчали, затем отмеряли 0,002 кг и переносили в центрифужную пробирку. После добавления 50 см³ дистиллированной воды образец нагревали на водяной бане до 30°C в течение 30 мин при непрерывном перемешивании. Центрифугирование проводили в течение 20 мин при 50 с⁻¹. Супернатант отделяли для определения антиоксидантной активности.

Для определения антиоксидантной активности использовали анализатор АОА-1 (ОАО НПП «Полиант»). Измерение проводили методом катодной вольтамперометрии в растворе испытуемых образцов. Процесс включал снятие вольтамперограммы

Таблица 1 – Условия экструзии

Образец	Влажность сырья (W), г/кг	Температура матрицы (T), °C	Скорость шнека (n), мин ⁻¹	Степень сжатия шнека (CR)
1	18	160	180	3:01
2	25	160	180	3:01
3	25	140	180	3:01
4	25	160	228	3:01
5	25	160	180	1:01
6	25	160	180	5:01

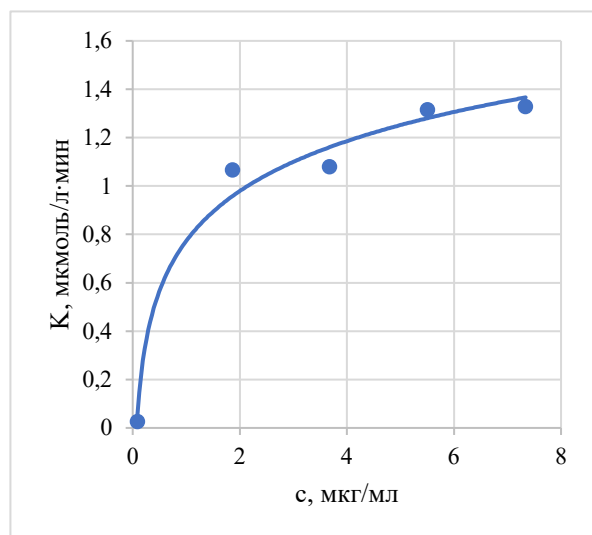


Рис. 1. Зависимость кинетического критерия К от концентрации антиоксидантных веществ в образце 1

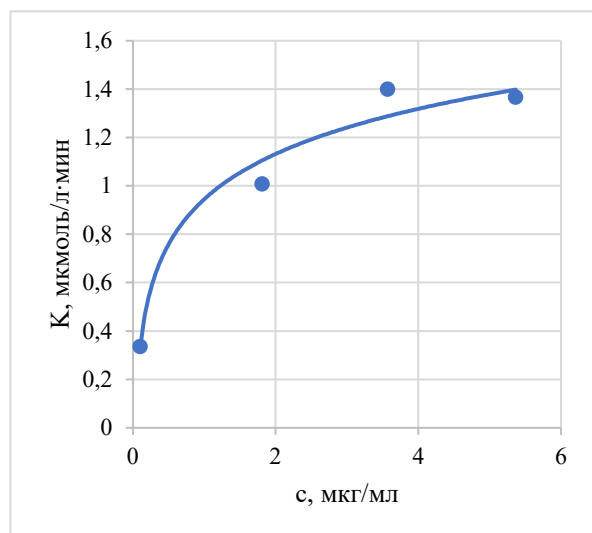


Рис. 2. Зависимость кинетического критерия К от концентрации антиоксидантных веществ в образце 5

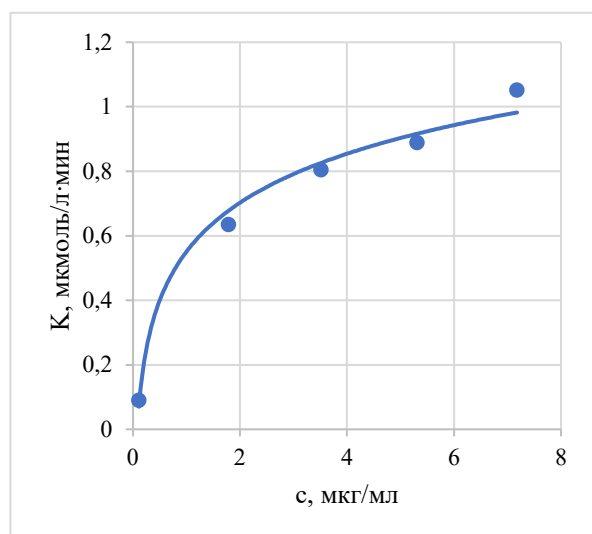


Рис. 3. Зависимость кинетического критерия К от концентрации антиоксидантных веществ в эталонном образце

в отсутствие антиоксиданта (измерялся ток в фоновом электролите) и построение вольтамперограммы в присутствии антиоксиданта.

Электрод сравнения был заполнен пересыщенным раствором KCl. При подаче напряжения на электрод сравнения электровосстановление молекулярного кислорода приводило к образованию кислородных радикалов в виде супероксидного анион-радикала (O_2^-) и пергидроксильного радикала (HO_2), протекал электрический ток (измеряемый в пА), и прибор фиксировал вольтамперограмму фоновое электролита (I_0). В присутствии антиоксидантов, нейтрализующих кислородные радикалы, ток снижали и регистрировали новую вольтамперограмму (I), которая находилась ниже фоновой кривой и зависела от концентрации антиоксидантов.

Программное обеспечение, входящее в комплект прибора, позволяло определять кинетический критерий – К. Оно указывало количество активных кислородных радикалов, прореагировавших с антиоксидантами (или общее содержание антиоксидантов) в течение 1 мин (мкмоль/л·мин). Кинетический критерий определяли по формуле:

$$K = \frac{C_0}{t} \left(1 - \frac{I}{I_0} \right) \quad (1)$$

где I – предельный ток электровосстановления кислорода в присутствии антиоксиданта в растворе, мкА;

I_0 – предельный ток электровосстановления кислорода в отсутствие антиоксиданта в растворе, мкА,

C_0 – исходная концентрация кислорода в растворе, мкмоль/л (приравнивается к растворимости кислорода в исследуемом электролите при н.у.),

t – время экспозиции рабочего электрода при постоянном потенциале предельного тока кислорода, характеризующее протекания реакции взаимодействия антиоксиданта с активными кислородными радикалами, мин

По результатам анализа была графически отображена зависимость функции $(1 - I/I_0)$ от времени t.

Значения для каждой экспериментальной точки были получены после 6 измерений антиоксидантной активности.

Математическая обработка результатов эксперимента проводилась по методу наименьших квадратов.

Результаты

Наиболее часто антиоксидантную активность определяют химическими методами. Однако результаты этих методов трудно сопоставимы из-за отсутствия единой единицы измерения.

В данной работе был использован электрохимический метод, при котором определение антиок-

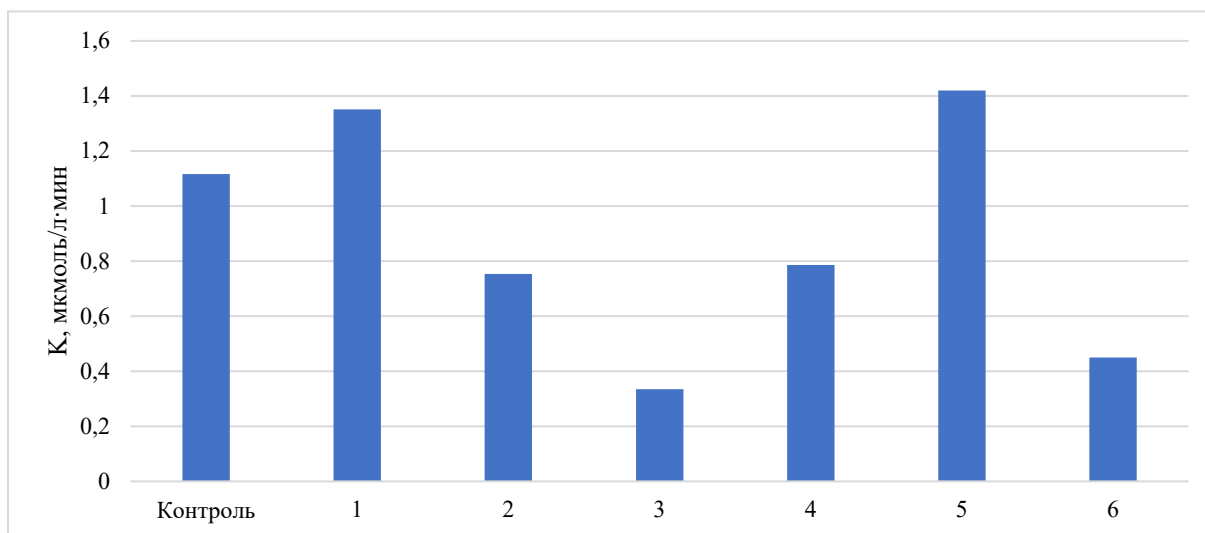


Рис. 4. Сравнительный профиль образцов по отношению к полученным максимальным значениям К

сидантной активности можно было проследить в ее динамике. Еще одним преимуществом катодной вольтамперометрии является одновременная нейтрализация как супероксидного анион-радикала, так и пергидроксильного радикала.

Известно, что антиоксидантная активность зависит от концентрации антиоксиданта в образце. Для установления этой зависимости исследуемые растворы экстрактов добавляли к фоновому электролиту в 5 концентрациях: 0,07, 1,75, 3,5, 5,25 и 7,12 мкг/см³.

Все исследованные образцы показали снижение тока по отношению к току фонового электролита. Чем больше последующее снижение тока, тем выше антиоксидантная активность из-за большего содержания антиоксидантов. Это коррелирует с более высоким значением К за 1 мин. Вольтамперограммы также позволили определить механизм действия антиоксидантов, содержащихся в отдельных экстрактах. Изменение вольтамперограмм в присутствии антиоксидантов характерно для группы фенольных соединений, витаминов А, Е, С и микроэлементов, обладающих антиоксидантным действием, также цинка и селена.

Зависимость между антиоксидантной активностью (К) и концентрацией антиоксидантных веществ в образцах с наибольшей антиоксидантной способностью, т.е. образце 1 и образце 5, и эталонном образце показаны на рисунках 1, 2 и 3 соответственно.

Предложенная модель с достаточной точностью описывала влияние концентрации антиоксидантных веществ на кинетический критерий К (логарифмическая зависимость). Коэффициент детерминации R² был высоким как в тестовых образцах, так и в эталонном образце. Коэффициент Фишера составлял от 61,56 до 175,06, а стандартная ошибка варьировалась от 0,01 до 0,11, что указывало на минимальное отклонение от модели.

Логарифмическая зависимость между кинетическим критерием К и концентрацией антиок-

сидантных веществ в образцах послужила основанием для сравнительного профиля различных экстрактов и эталонного образца по отношению к полученному максимальному значению К (рис. 4). Образец 1 и образец 5 показали более высокую антиоксидантную активность, чем эталон. Образцы 2, 3, 4 и 6 имели более слабую антиоксидантную способность, чем эталонный образец.

Обсуждение

Исследования антиоксидантной способности образцов, полученных методом экструзии в различных условиях, подтвердили наличие антиоксидантных веществ. Механизм их действия, по сдвигу вольтамперограммы от фоновой вольтамперограммы, регистрируемой в их присутствии, отнес их к группе фенольных и флавоноидных соединений, витаминов А, В, Е, С. По-видимому, условия экструзии в образце 1 и образце 5 оказались наиболее благоприятными для экстракции антиоксидантных веществ в эти экстракты. У остальных экстрактов антиоксидантная активность была ниже, чем у эталонного образца.

Исследования общего количества фенольных веществ с использованием реактива Фолина-Чокальтеу показали, что фенольные соединения имеют наибольшую концентрацию в контрольном образце и снижается в образцах почти в два раза после экструзии. Другие исследователи также сообщали о снижении фенольных соединений и антиоксидантной активности после экструзии [3]. Исследования ученых [4], показывают об увеличении общего количества фенольных веществ, флавоноидов и антиоксидантной активности в экструдированных продуктах из смесей картофельной и гороховой муки. Пониженная концентрация фенольных соединений в экструдированных продуктах в наших исследованиях может быть связана с их неполной экстракцией за счет применения только водной экстракции. Повышенная антиоксидантная активность образца

1 и образца 5 по сравнению с эталонным образцом (неэкструдированная чечевица), установленная с помощью нового высокочувствительного метода, явилась самым убедительным доказательством наличия в них биологически активных веществ.

Также возможно, что условия экструзии в образце 1 и образце 5 благоприятствовали извлечению витаминов группы В и микроэлементов цинка и селена, и следовательно, эти образцы показали более высокую антиоксидантную способность, чем эталонный образец или другие экструдаты.

Литература

- [1] Bioactivity of antioxidants in extruded products prepared from purple potato and dry pea flours / N. B [et al.] // Journal of agricultural and food chemistry. 2011. Vol. 59. № 15.
- [2] Korus J., Gumul D., Czechowska K. Effect of Extrusion on the Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Dry Beans of *Phaseolus vulgaris* L. // Food Technology and Biotechnology. 2007. Vol. 45. № 2. P. 139–146.
- [3] Hossain A., Jayadeep A. Impact of extrusion on the content and bioaccessibility of fat soluble nutraceuticals, phenolics and antioxidants activity in whole maize // Food Research International. 2022. Vol. 161. P. 111821.
- [4] Effects of extrusion processing on the bioactive constituents, in vitro digestibility, amino acid composition, and antioxidant potential of novel gluten-free extruded snacks fortified with cowpea and whey protein concentrate / H.N. Nadeesha Dilrukshi, D.D. Torrico, M.A. Brennan, C.S. Brennan // Food Chemistry. 2022. Vol. 389. P. 133107.
- [5] Антипова, Л. В. Исследование качества белкового компонента пророщенного зерна чечевицы с целью его использования в технологии обогащенных белковых продуктов / Л. В. Антипова, И. Н. Толпыгина, Т. А. Лысак // Актуальная биотехнология. – 2018. – № 3(26). – С. 495-496. – EDN ZASHAD.
- [6] Калашникова, С. В. Технологические аспекты применения чечевицы в производстве кексов / С. В. Калашникова, Т. Н. Тертычная // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2021. – № 2(17). – С. 110-114. – EDN UOSWUF.
- [7] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 2(51). – С. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- [8] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев,

Выводы

Анализ данных исследованных образцов и условий экструзии, при которых эти образцы были получены, показал, что совместное влияние низкой влажности чечевичной крупы ($W = 18$ г/кг) и средней степени сжатия (3 :1) или высокое содержание влаги в чечевичной крупе ($W = 25$ г/кг) и низкий степени сжатия (1:1), были условиями получения образца 1 и образца 5, т.е. образцов с наибольшей антиоксидантной активностью. Это указывало на то, что при прочих равных условиях наиболее значимым фактором было совместное влияние параметров влажности сырья W и степени сжатия шнека.

References

- [1] Bioactivity of antioxidants in extruded products prepared from purple potato and dry pea flours / N. B [et al.] // Journal of agricultural and food chemistry. 2011. Vol. 59. № 15.
- [2] Korus J., Gumul D., Czechowska K. Effect of Extrusion on the Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Dry Beans of *Phaseolus vulgaris* L. // Food Technology and Biotechnology. 2007. Vol. 45. № 2. P. 139–146.
- [3] Hossain A., Jayadeep A. Impact of extrusion on the content and bioaccessibility of fat soluble nutraceuticals, phenolics and antioxidants activity in whole maize // Food Research International. 2022. Vol. 161. P. 111821.
- [4] Effects of extrusion processing on the bioactive constituents, in vitro digestibility, amino acid composition, and antioxidant potential of novel gluten-free extruded snacks fortified with cowpea and whey protein concentrate / H.N. Nadeesha Dilrukshi, D.D. Torrico, M.A. Brennan, C.S. Brennan // Food Chemistry. 2022. Vol. 389. P. 133107.
- [5] Antipova, L. V., Tolpygina, I. N., Lysak, T. A. Study of the quality of the protein component of the germinated lentil grain for the purpose of its use in the technology of enriched protein products / Actual Biotechnology. - 2018. - No. 3 (26). – S. 495-496. – EDN ZASHAD.
- [6] Kalashnikova, S. V. Technological aspects of the use of lentils in the production of cakes / S. V. Kalashnikova, T. N. Terptychnaya // Technologies and commodity science of agricultural products. - 2021. - No. 2 (17). - S. 110-114. – EDN UOSWUF.
- [7] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - pp. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- [8] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D.

- А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [9] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного сусла с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6(22). – С. 103-109. – EDN TKJLIH.
- I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4 (45). - pp. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [9] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, D. I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. - 2014. - No. 6(22). - pp. 103-109. – EDN TKJLIH.

Сведения об авторах

Information about the authors

Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru	Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru
Кудря Анна Николаевна магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: E-mail:	Kudrya Anna Nikolaevna undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: E-mail:

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

TECHNOLOGIES AND MEANS OF MECHANIZATION OF AGRICULTURE

УДК 621.892.2

Перспективы металлизации изделий агропромышленного комплекса из реактопластов в процессе формования

Воронин Н.В., Филатов И.С., Родионов Ю.В.

Аннотация. На сегодняшний день одной из актуальных задач является улучшение эксплуатационных характеристик полимерных изделий, используемых в машинах и агрегатах различных отраслей промышленности – агропромышленного комплекса (АПК), машиностроения и т.д. Несмотря на высокую технологичность термопластов, особо ответственные изделия изготавливают из термореактивных полимеров на основе эпоксидных и фенолформальдегидных смол. На основе технологии магнито-термического армирования поверхности термопластов была разработана аналогичная технология применительно к изделиям из реактопластов непосредственно в процессе их получения. В ней используется пресс-форма из ферромагнитного материала, по периметру которой располагается система электромагнитов, не допускающих смещения частиц вдоль внутренней поверхности формы в течение всего процесса получения металлизированного поверхностного слоя на изделии. Полученные экспериментальные образцы показали триботехнические и механические свойства поверхности, сравнимые с аналогичными свойствами армирующего материала (поверхностная твердость выросла с 30–40 МПа до 150–240 МПа). Разработанная технология открывает широкие возможности модифицирования поверхностей изделий широкого спектра назначения, изготавливаемых из практически любых полимерных материалов, так как особенностью данной технологии является внедрение армирующих частиц в заведомо вязкий слой полимера непосредственно в процессе формования изделий.

Ключевые слова: электромагнитное удержание частиц, ноль-мерное армирование, сельскохозяйственная техника, термопласты, реактопласты, износостойкость.

Для цитирования: Воронин Н.В., Филатов И.С., Родионов Ю.В. Перспективы металлизации изделий агропромышленного комплекса из реактопластов в процессе формования // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 42–47.

Prospects of metallization of agro-industrial complex products from reactoplasts in the process of their molding

Voronin N.V., Filatov I.S., Rodionov Yu.V.

Abstract. To date, one of the urgent tasks is to improve the performance characteristics of polymer products used in machines and aggregates of various industries – agro-industrial complex (AIC), mechanical engineering, etc. Despite the high manufacturability of thermoplastics, especially responsible products are made of thermosetting polymers based on epoxy and phenol-formaldehyde resins. Based on the technology of magneto-thermal reinforcement of the thermoplastics surface, a similar technology has been developed in relation to products made of reactoplasts directly in the process of their production. It uses a mold made of ferromagnetic material, along the perimeter of which there is a system of electromagnets that prevent the displacement of particles along the inner surface of the mold during the entire process of obtaining a metallized surface layer on the product. The experimental samples obtained showed

tribotechnical and mechanical properties of the surface comparable to similar properties of the reinforcing material (surface hardness increased from 30-40 MPa to 150-240 MPa). The developed technology opens up wide possibilities for modifying the surfaces of products of a wide range of purposes made from almost any polymer materials, since the feature of this technology is the introduction of reinforcing particles into a notoriously viscous polymer layer directly during the molding of products.

Keywords: electromagnetic particle retention, zero-dimensional reinforcement, agricultural machinery, thermoplastics, reactoplastics, wear resistance.

For citation: Voronin N.V., Filatov I.S., Rodionov Yu.V. Prospects of metallization of agro-industrial complex products from reactoplasts in the process of their molding. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 42–47. (In Russ.).

Введение

В ряде случаев экономически и технически более выгодным является применение термореактивных полимеров для изготовления нагруженных деталей машин и механизмов АПК – валы транспортерных лент, втулки сеялок и т.д. Использование фенолформальдегидных и эпоксидных смол, армированных полимерными волокнами, позволяет получить одновременно прочные и жесткие изделия. Однако в случае работы деталей в узлах трения поверхностная твердость недостаточна по сравнению с металлическими аналогами подобных изделий. В то же время пластиковые изделия существенно технологичнее металлических. Решением данного вопроса может стать доработка технологии магнито-термического армирования термопластов [1] с последующим применением к термореактивным материалам непосредственно в процессе получения изделий из них.

Целью работы является совершенствование технологии магнито-термического поверхностного армирования для модифицирования деталей из термореактивных полимеров.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования является метод поверхностного армирования полимерных сельскохозяйственных изделий, а также оборудование для его реализации.

Исследованием технологий изготовления и модификации полимерных деталей механизмов и машин занимается большое количество отечественных и зарубежных ученых – М.Ф. Зонненшайн, М.Л. Кербер, В.Б. Узденский, Э. Баур, Г.С. Баронин, Д.В. Никитин и другие. Для повышения надежности деталей используется армирование, ориентационное упрочнение и другие способы улучшения характеристик деталей. [2-10]. Базовый вариант предлагаемой технологии армирования подразумевает модификацию поверхности уже готовых полимерных изделий. Также разработан вариант технологии для армирования изделий в процессе их изготовления.

Формование полимерных изделий в подавляющем большинстве случаев ведется в стальные формы. Это позволяет создать систему, равномерно распределяющую внешнее магнитное поле по объему и внутренней поверхности этой формы. Магнитное поле формируется равномерно расположенными по

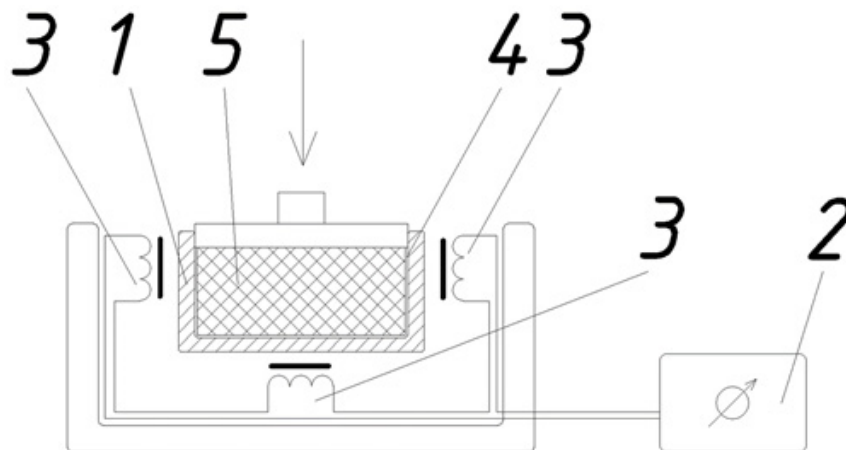


Рис. 1. Схема установки для реализации технологии магнито-термического армирования: 1 – пресс-форма; 2 – источник питания магнитной системы; 3 – электромагниты; 4 – слой ферромагнитного порошка; 5 – термореактивный полимер.

внешней поверхности формы электромагнитами. Аналогично магнито-термическому армированию термопластов, в начальный момент времени магнитная система работает в режиме «удержания» частиц на поверхности с малым энергопотреблением. Это дает возможность перед формовкой равномерно расположить армирующие частицы ферромагнетика по внутренней поверхности формы. Затем магнитная система выводится на режим фиксации частиц в форме, после чего в форму под давлением поступает полимер и происходит формование изделия. После снятия давления формования магнитное поле отключается, что дает возможность беспрепятственного обволакивания полимеризующимся пластиком армирующих поверхность частиц и, как следствие, фиксации в ней. После извлечения из формы и полного формирования структуры полимера получается изделие с внутренней структурой термореактивного пластика и внедренными в поверхность армирующими частицами металла в ультрадисперсном состоянии.

В процессе исследований и проведенных экспериментов были изготовлены образцы из эпоксидных смол, сформированные в цилиндрических формах из конструкционной стали. Проведенные триботехнические измерения показали, что поверхность изделий по твердости и износостойкости практически не отличается от таковых свойств армирующего материала, работа в условиях трения не вызвала выкрашивания частиц с поверхности образца, а шероховатость поверхности оказалась не выше половины от размера главной фракции армирующих частиц. Все это создает предпосылки к разработке универсальной технологии получения изделий высокой прочности и поверхностной твердости из термореактивных материалов в процессе их получения. С незначительными изменениями она применима для армирования поверхности изделий из термопластов в процессе их получения.

Разработанная экспериментальная установка для отработки разработанного метода представлена на рис. 1.

Основной функциональной задачей, созданной установки, являлось формирование слоя равномерно расположенных частиц из ферромагнитного материала с обеспечением их надежной фиксации в поверхностном слое полимера вследствие внедрения их под давлением в процессе запрессовки полимера в форму и последующего обхватывания их поверхностью полимеризующегося пластика. Для этой цели была разработана установка, состоящая из пресс-формы 1, источника питания магнитной системы 2 и электромагнитов 3. Генератор теплового потока, как в изначальном варианте технологии, не нужен, так как в данном случае формованию подвергается уже вязкий полимер [5-7].

В данной технологии ферромагнитные частицы не подвергаются существенному нагреву, поэтому возможно использование ультрадисперсных частиц железа, различных сталей и других ферромагнетиков. Для удержания на поверхности частиц никеля на катушки подавался ток 1,1...1,3 А, что формировало

необходимое для удержания частиц на поверхности формы магнитное поле напряженностью 12...15 кА/м. В режиме фиксации сила тока достигала 4,2...4,5 А с формированием магнитного поля напряженностью более 45 кА/м. В качестве полимера использовался состав на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20. Форма была изготовлена в виде цилиндра с внутренним диаметром 20 мм, высотой 20 мм и толщиной стенок 3 мм. Магнитная система состояла из последовательно соединенных катушек, намотанных медным проводом диаметром 0,5 мм на сердечник диаметром 12 мм и длиной 40 мм. Питание осуществлялось лабораторным источником постоянного тока УХ-Р305D с возможностью регулировки выходного тока и напряжения. Для контроля температур в рабочей зоне установки использовались мультиметры DT-838 с термопарами типа ХК. Также в экспериментах для исследования структуры образцов был использован микроскоп МБС-9.

Результаты и их обсуждение

Особенностью разрабатываемого метода являлось использование металлических частиц (металлического порошка) с явно выраженными ферромагнитными свойствами – например, железо, никель и кобальт.

Изменение химических свойств поверхности порошка минимально вследствие незначительного температурного воздействия, что дает возможность использования практически любых ферромагнитных материалов (железо, никель, кобальт и их сплавы).

В отличие от базового варианта технологии, магнито-термическое армирование реактопластов не подразумевает нагрев, так как процесс внедрения частиц ферромагнитного порошка происходит во время формования конечного изделия. По этой причине при проведении экспериментов использовалась только магнитная система. Формовка образцов проводилась в стальной цилиндрической форме с толщиной стенки 4 мм, внутренним диаметром 20 мм и глубиной 20 мм. В качестве исходного реактопласта был применен двухкомпонентный состав марки ЭД-20 на основе эпоксидной смолы.

На данном этапе проверялась возможность получения изделий из реактопластов с повторением внешней поверхностью внутренних контуров формы, одновременно с этим происходило армирование поверхности никелевым ферромагнитным порошком марки ПНК-УТЗ, аналогичным использованному ранее. Для удержания частиц порошка на внутренней поверхности формы было использовано магнитное поле с теми же значениями напряженности, что и в предыдущем варианте установки. Перемешанный до однородного состояния композит заполнял форму под давлением до полного ее заполнения. По окончании полимеризации состава и извлечения образца из формы была изучена структура полученной поверхности (рис. 2).

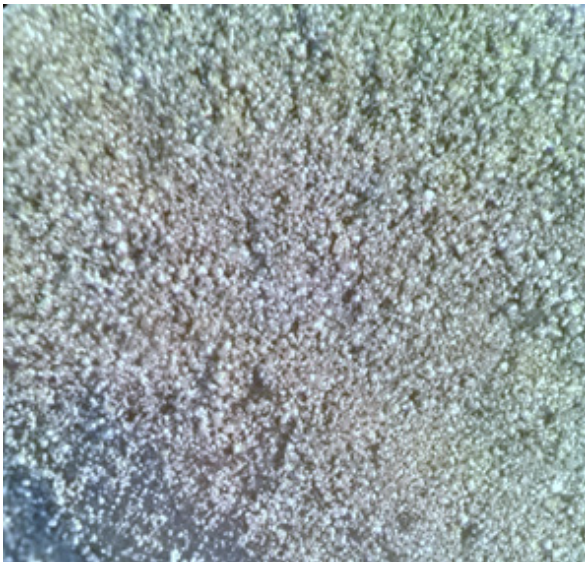


Рис.2. Поверхность образца реактопласта после магнито-термического армирования. Увеличение 100 $\times$.

Ферромагнитные частицы с учетом давления запрессовки термореактивного полимера в форму покрыли поверхность образца не менее, чем на 95%, остатки порошка на внутренних стенках формы обнаружены не были. Для проверки на износостойкость и удержание частиц в поверхностном слое полимера полученные металлизированные образцы были подвергнуты трению по поверхности детали из сплава Д16 с удельным давлением 1 кг/см² и скоростью движения 10 см/сек. Абразивное трение в течение 10 секунд не выявило при последующем микроскопическом исследовании изменения структуры металлизированной поверхности и изменения массы испытуемого образца. На поверхности детали-образца из сплава Д16 были обнаружены отчетливые следы абразивного воздействия, из чего следует вывод о высокой прочности удержания ферромагнитных частиц в поверхностном слое детали из реактопласта. Также это означает при-

дание поверхности полимерного образца свойств, максимально близких к свойствам внедренного порошка (рис.3).

Разработанный метод позволит существенно повысить эксплуатационные характеристики полимерных изделий, используемых в машинах и механизмах АПК – таких, как приводные шестерни и зубчатые колеса, лопатки воздуходувок и насосов, различные уплотнения, лотки и т.д. Для расширения области использования разработанного метода в настоящее время авторами ведутся исследования армирования других марок полимеров, как термореактивных, так и термопластичных, на этапе формирования изделий из них с использованием ферромагнитных порошков разной дисперсности (от 70 нм и больше) [5].

Испытания образцов и исследование микроструктуры их поверхности показывает, что поверхность модифицированных изделий приобретает характеристики (поверхностная твердость, износостойкость и т.д.), близкие к аналогичным у исходного армирующего металла – например, поверхностная твердость повышается в 5-6 раз – со 30-40 МПа до 150-240 МПа. Причем армирующий поверхность металл должен быть ферромагнитным, так как в основу технологии заложено действие магнитного поля.

Перспективы

В дальнейшем планируется проведение дополнительных исследований и испытаний, доработка технологии и сопутствующего оборудования, а также расширение внедрения предлагаемой технологии. При условии разработки соответствующих пресс-форм, магнитной системы и оптимизированного технологического процесса на данном этапе разработки проекта возможно производство «с нуля» или модификация готовых изделий раз-



Рис. 5. Поверхность образца из сплава Д16 до (а) и после (б) абразивного воздействия образца, прошедшего магнито-термическое армирование. Увеличение 30 $\times$.

личного назначения, имеющих относительно простую форму – дисковые и торцевые уплотнения, крыльчатка насосов малой мощности, валы, втулки и т.д. Стартовые вложения для реализации проекта не превышают 1,5 млн. руб. по причине отсутствия необходимости в дорогостоящем и узкоспециализированном оборудовании, за исключением проектирования пресс-форм под конкретные детали. Вследствие этого, по предварительным оценкам, годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии составит от 400 до 600 тыс. руб. в год. Основным продуктом реализации проекта является технология поверхностного армирования полимерных изделий и сопутствующее оборудование. Дополнительным – армируемые/производимые с нуля упрочненные детали. Что касается непосредственного использования, то основной отраслью применения конечных продуктов является АПК. Также возможно применение и в других отраслях народного хозяйства и промышленности.

Литература

- [1] Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, Н. В. Воронин, И. С. Филатов. Исследование магнитотермического поверхностного армирования полимерных материалов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2021. - №7. - С. 37-39.
- [2] Кербер, М. Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: Уч. пос. / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин; Под ред. А.А. Берлина. – 5-е изд., испр. и доп. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2019 – 624 с.: ил.
- [3] Баур, Эрвин. Настольная книга переработчика пластмасс. Справочник по полимерным материалам.: пер. с англ. / Эрвин Баур, Тим А. Освальд, Натали Рудольф. - СПб.: ЦОП «Профессия», 2021. - 672 с.: ил.
- [4] Зонненшайн, М.Ф. Полиуретаны: состав, свойства, производство, применение: метод. рекомендации / пер. с англ. М.Ф. Зонненшайн. — СПб: ЦОП «Профессия», 2018. — 576 с., цв. ил.
- [5] Узденский, В. Б. Модификация полимеров: практическое руководство для технолога / В. Б. Узденский. - 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2021. - 224 с.
- [6] Ю.В. Родионов, Ю.Т. Селиванов, Д.В. Никитин, М.В. Сычев, П.В. Комбарова. Новая конструкция жидкостнокольцевого вакуумного насоса // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2019. - № 6. - С. 22-25.
- [7] Зорин А.С., Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Скоморохова А.И. Аддитивные технологии производства деталей жидкостнокольцевого вакуумного насоса для процессов АПК// Наука в центральной России. 2022. № 2 (56). С. 51-60.
- [8] RESOURCE- SAVING PRODUCTION TECHNOLOGY OF PRODUCTS MADE OF

Выводы

В работе определены основные режимы и параметры работы экспериментальной установки, позволяющей методом магнито-термического армирования проводить внедрение ультрадисперсных частиц ферромагнетика в поверхность изделий АПК из термопластов и реактопластов. Проведены микроскопические и триботехнические исследования металлизированных поверхностей. Показаны параметры поверхностной твердости и износостойкости полученных образцов.

Основными преимуществами предлагаемой технологии является вариативность, простота реализации и повышение поверхностных механических и общих эксплуатационных характеристик изделия – поверхностной твердости, износостойкости и, как следствие, надежности и долговечности, т.к. срок службы армированных изделий возрастает, по различным оценкам, не менее, чем в 1,5-2 раза.

References

- [1] Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, N. V. Voronin, I. S. Filatov. Issledovanie magnitotermicheskogo poverhnostnogo armirovanija polimernyh materialov // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. 2021. No.7. pp. 37-39.
- [2] Kerber, M. L. Polimernye kompozicionnye materialy: struktura, svojstva, tehnologija: Uch. pos. / M.L. Kerber, V.M. Vinogradov, G.S. Golovkin; Pod red. A.A. Berlina. 5-e izd., ispr. i dop. SPb.: COP «Professija», 2019. 624 pp.: il.
- [3] Baur, Ervin. Nastol'naja kniga pererabotchika plastmass. Spravochnik po polimernym materialam.: per. s angl. / Jervin Baur, Tim A. Ossval'd, Natali Rudol'f. SPb.: COP «Professija», 2021. 672 pp.: il.
- [4] Zonnenshaj, M.F. Poliuretany: sostav, svojstva, proizvodstvo, primenenie: metod. rekomendacii / per. s angl. M.F. Zonnenshaj. SPb: COP «Professija», 2018. 576 pp., cv. il.
- [5] Uzdenkij, V. B. Modifikacija polimerov: prakticheskoe rukovodstvo dlja tehnologa / V. B. Uzdenkij. 2-e izd., ispr. i dop. SPb.: COP «Professija», 2021. 224 pp.
- [6] Yu.V. Rodionov, Ju.T. Selivanov, D.V. Nikitin, M.V. Sychev, P.V. Kombarova. Novaja konstrukcija zhidkostnokol'cevogo vakuumnogo nasosa // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. 2019. No. 6. - pp. 22-25.
- [7] Zorin A.S., Rodionov Yu.V., Nikitin D.V., Skomorohova A.I. Additivnye tehnologii proizvodstva detalej zhidkostnokol'cevogo vakuumnogo nasosa dlja processov APK// Nauka v central'noj Rossii. 2022. № 2 (56). S. 51-60.
- [8] RESOURCE- SAVING PRODUCTION TECHNOLOGY OF PRODUCTS MADE OF POLYMERIC MATERIAL: PROBLEM AND SOLUTION // Kobzev D.Y., Kombarova P.V.,

- POLYMERIC MATERIAL: PROBLEM AND SOLUTION // Kobzev D.Y., Kombarova P.V., Blokhin A.N., Tarov V.P., Baronin G.S. / В сборнике: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018 Conference proceedings. 2018. С. 275-280.
- [9] Родионов Ю.В., Никитин Д.В. Вакуумные технологии и оборудование для переработки сельскохозяйственного сырья // В сборнике: Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации. Материалы 72-й Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2021. С. 326-331.
- [10] Тагер А.А. Физико-химия полимеров. 4-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер; под ред. А. А. Аскадского. - М. : Научный мир, 2007. - 573с.
- Blokhin A.N., Tarov V.P., Baronin G.S. / V sbornike: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018 Conference proceedings. 2018. pp. 275-280.
- [9] Rodionov Yu.V., Nikitin D.V. Vakuumnye tehnologii i oborudovanie dlja pererabotki sel'skhozajstvennogo syr'ja // V sbornike: Perspektivnye tehnologii v sovremennom APK Rossii: tradicii i innovacii. Materialy 72-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ministerstvo sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnologicheskij universitet imeni P.A. Kostycheva». 2021. pp. 326-331.
- [10] Tager A.A. Fiziko-himija polimerov. 4-e izd., pererab. i dop. Ucheb. posobie dlja him. fak. un-tov / A. A. Tager; pod red. A. A. Askadskogo. M.: Nauchnyj mir, 2007. 573 pp.

Сведения об авторах

Information about the authors

Воронин Николай Владимирович аспирант кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(915) 881-08-04 E-mail: voronin.nikolay.1994@yandex.ru	Voronin Nikolai Vladimirovich postgraduate at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(915) 881-08-04 E-mail: voronin.nikolay.1994@yandex.ru
Филатов Иван Сергеевич кандидат технических наук старший преподаватель кафедры специальных дисциплин ТОГБПОУ «Приборостроительный колледж» 392008, г. Тамбов, Моршанское шоссе, 17 Тел.: +7(905) 121-97-02 E-mail: ridder@mail.ru	Filatov Ivan Sergeevich senior lecturer of the department special disciplines Instrument Making College Phone: +7(905) 121-97-02 E-mail: ridder@mail.ru
Родионов Юрий Викторович доктор технических наук профессор кафедры «Механика и инженерная графика» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru	Rodionov Yuri Viktorovich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Mechanics and engineering graphics» Tambov State Technical University Phone: +7(920) 478-04-91 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru

Обзор и применение САПР при проектировании почвообрабатывающего катка

Прошкин В.Е., Линеенко В.Б.

Аннотация. На сегодняшний день использование компьютеров становится всё более неотъемлемой частью нашей жизни. В какой бы области не работал человек, ему обязательно придётся столкнуться с компьютерами или минимальным электронным управлением. Сельское хозяйство непосредственно входит в круг отраслей активно использующих трёхмерное моделирование. Среди всех направлений развития электроники и программирования невозможно не отметить стремительное развитие трёхмерного моделирования. Уже сейчас технологии 3D позволяют не только увидеть, как будет выглядеть тот или иной объект исследования, но и просчитать его динамические характеристики и даже изобразить его работу. В данной работе представлен обзор существующих на сегодняшний момент систем автоматического проектирования. Были изучены разновидности и классификация данных систем CAD. По итогам анализа существующих САПР была выбрана подходящая нам система автоматического проектирования для максимально удобного и быстрого проектирования разработанного нами почвообрабатывающего катка. Выбранная система Компас 3D полностью удовлетворяет всем поставленным задачам и требованиям нашего технического оснащения. Создание трёхмерной модели почвообрабатывающего катка позволило визуальнее лучше понять его уникальные конструктивные особенности и в кратчайшие сроки создать все требуемые чертежи и спецификации для дальнейшего производства экспериментального образца. В современном мире CAD системы представлены большим многообразием программных продуктов, подходящих под любые задачи и требования. Благодаря программе Компас 3D процесс проектирования нового почвообрабатывающего катка прошёл успешно, позволив удовлетворить всем техническим требованиям, при наименьшем количестве затраченного времени. При этом проектирование почвообрабатывающего катка в Компасе 3D и загрузка этой модели в программы FlowVision и SOLIDWORKS позволило определить его основные конструктивные параметры, такие как диаметр катка, ширина захвата и т.д.

Ключевые слова: почвообрабатывающий каток, проектирование, система, программа, 3D-модель, Компас 3D.

Для цитирования: Прошкин В.Е., Линеенко В.Б. Обзор и применение САПР при проектировании почвообрабатывающего катка // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 48–52.

Overview and use of CAD for the design of agricultural implements

Proshkin V.E., Lineenko V.B.

Abstract. Today, the use of computers is becoming an increasingly integral part of our lives. In whatever field a person works, he will definitely have to face computers or minimal electronic control. Agriculture is directly included in the circle of industries that actively use three-dimensional modeling. Among all the directions of the development of electronics and programming, it is impossible not to note the rapid development of three-dimensional modeling. Already, 3D technologies allow not only to see how a particular object will look like, but also to calculate its dynamic characteristics and even depict its work. This paper presents an overview of the currently existing automatic design systems. The varieties and classification of these CAD systems were studied. Based on the results of the analysis of existing CAD systems, an automatic design system suitable for us was selected for the most convenient and quick design of the soil-processing roller developed by us. The selected Compass 3D system fully meets all the tasks and requirements of our technical equipment. The creation of a three-dimensional model of the tillage roller allowed us to visually better understand its unique design features and create all the required drawings and specifications in the shortest possible time for the further production of an experimental sample. In the modern world, CAD systems are represented

by a wide variety of software products suitable for any tasks and requirements. Thanks to the Compass 3D program, the design process of the new soil-processing roller was successful, allowing it to meet all technical requirements, with the least amount of time spent. At the same time, designing a tillage roller in Compass 3D and loading this model into FlowVision and SOLIDWORKS programs allowed us to determine its main design parameters, such as the diameter of the roller, the width of the grip, etc.

Keywords: tillage rink, design, system, program, 3D model, 3D Compass. **Keywords:** Skating rink, design, system, program, 3D model, Compass 3D.

For citation: Proshkin V.E., Lineenko V.B. Overview and use of CAD for the design of agricultural implements. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 48–52. (In Russ.).

Введение

Сельскохозяйственные орудия повсеместно применяются в большинстве регионов нашей страны [6]. С каждым годом появляется всё больше новых, более совершенных орудий, проектирование которых занимает большое количество времени и средств [7-10]. Для того чтобы снизить эти затраты существует возможность применения систем автоматического проектирования (САПР), которые позволяют более быстро создать техническую документацию, подробнее показать технические и конструктивные особенности, при этом проектирование движения в определенных программах (FlowVision, SOLIDWORKS и т.д.) позволяет определить основные конструктивные особенности конструкции без изготовления опытного образца.

Среди всех направлений развития электроники и программирования невозможно не отметить стремительное развитие трёхмерного моделирования. Уже сейчас технологии 3D позволяют не только увидеть, как будет выглядеть тот или иной объект исследования, но и просчитать его динамические характеристики и даже изобразить его работу.

«Компьютерная графика пользуется спросом во многих отраслях и, в том числе, в науке. 3D проектирование позволяет упростить разработку различных систем или механизмов, нагляднее показать их работоспособность и быстрее определить базовые конструктивные параметры» [2].

Целью работы являлся анализ существующих САПР определение технологических основ проектирования совершенно новой конструкции почвообрабатывающего катка.

Объекты и методы исследований

В настоящее время на рынке систем автоматизированного проектирования представлено большое количество программно-аппаратных средств автоматизации проектных, конструкторских, технологических и производственных работ. По уровню цены и возможностей все САПР условно делятся на три категории: легкие, средние и тяжелые.

«Лёгкие или САПР низшего уровня может использоваться для маркировки программ, которые по сути являются системами для автоматизации традиционных процессов проектирования на основе 2D-чертежей. Объективно говоря, рисовать 2D на компьютере с помощью специальной программы гораздо проще, чем рисовать от руки на чертежной доске. К таким системам относятся так называемые «чернильные машины» или «электронные чертежные доски». Наиболее талантливыми представителями можно считать AutoCAD LT, T-Flex CAD2, Компас-График» [3].

Среднего уровня САПР уже позволяют кроме 2D черчения, строить трёхмерные параметрические модели деталей и сборок, то есть 3D. Очевидно, что, увидев трёхмерную модель той или иной детали будет понятно намного больше, чем по плоскому чертежу. Тут уже другое качество, а значит и дополнительные возможности. «Представителями САПР в этой категории являются твердотельные системы проектирования Autodesk Inventor 3D, Autodesk Mechanical Desktop, Solid Works, Solid Edge, Compass-3D, T-Flex CAD. Системы среднего уровня в настоящее время очень популярны и поэтому стремительно развиваются, приближаясь по своим возможностям к САПР более высокого уровня» [3].

«Рассматривая же тяжёлые или САПР высшего уровня сложно сказать, что это программа. Они скорее представляют собой комплекс программ, предназначенных для крупных предприятий. САПР на высшем уровне охватывает практически все области проектирования, от разработки изделий и оснастки до инженерных расчетов и производства. Во-первых, они предлагают полный цикл создания продукта - от концептуальной идеи до ее воплощения. Во-вторых, они позволяют создать проектно-информационную среду для одновременной работы всех участников процесса» [3]. В первой выполняют 3D модель детали (CAD-программа), во второй - рассчитывают ее на прочность (CAE-программа), в третьей - проектируют инструмент для ее изготовления (спецмодуль), в четвертой - разрабатывают управляющую программу для станков

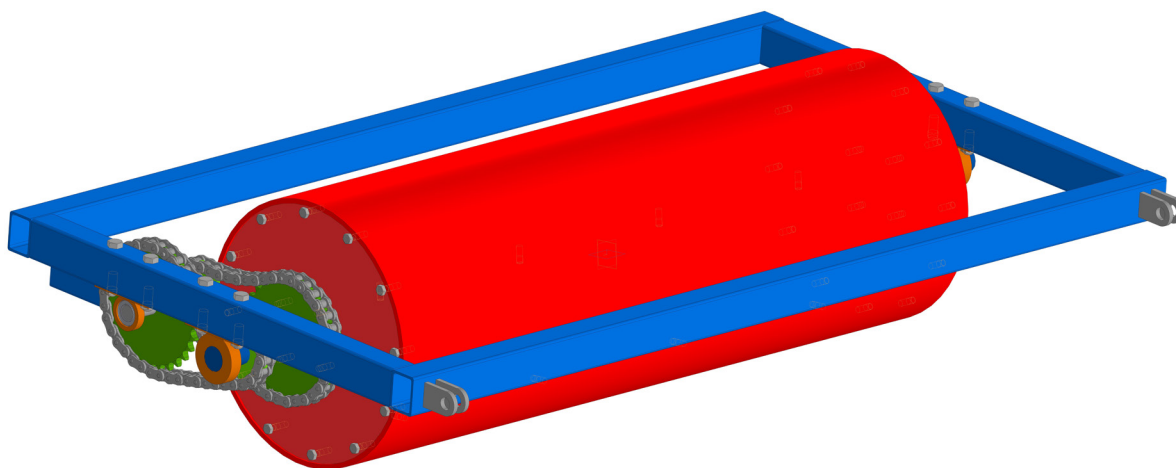


Рис. 1. 3D-модель почвообрабатывающего катка

с ЧПУ (CAM-программа). На сегодняшний день системы Unigraphics, CATIA, Pro/ENGINEER, NX наиболее полно отвечают всем требованиям, предъявляемым к интегрированным САПР тяжёлой категории. При всем многообразии выполняемых работ такие САПР не пользуются большим спросом из-за соответствующей стоимости. Поэтому для большинства компаний по соотношению цена/качество более оптимальными выглядят средние САПР.

«Основной задачей САПР является получение в кратчайшие сроки качественной конструкторской и технологической документации, необходимой для производства самой разнообразной продукции. Эта документация включает чертежи рабочих частей, чертежи общего вида, сборочные чертежи, спецификации, планы, схемы, текстовые документы» [2].

Кроме того, система позволяет создавать реалистичные визуальные образы продукции для составления каталогов и презентаций. Эти изображения также можно использовать для создания различных иллюстраций к технической литературе: инструкции по эксплуатации, ремонту, обслуживанию и тому подобное.

Результаты и их обсуждение

Широкое использование 3D-моделирования в инженерной практике буквально произвело революцию в конструировании деталей и машин. В связи со сказанным выше, было решено использовать технологии трёхмерного моделирования для проектирования совершенно новой конструкции почвообрабатывающего катка. Далее перед нами встал выбор программы, в которой будет комфортнее всего разрабатывать орудие.

При выборе программы мы руководствовались тем, чтобы она была удобным, точным и простым в освоении инженерным инструментом, и решили

остановить свой выбор на САПР среднего уровня. Выбор пал на «Компас 3D»

С помощью программы Компас 3D нами спроектирована конструкция почвообрабатывающего катка (рисунок 1). Созданная полноразмерная 3D модель позволяет лучше определить конструктивные особенности, узнать примерную массовую характеристику и составить техническую документацию с наименьшими затратами времени.

Также созданную 3D модель катка можно загружать в более сложные, многофункциональные программы для проектирования движения орудия, например по грунту, что позволяет провести первые опыты, не затрачивая средств на изготовление конструкции в металле.

Выводы

В следствии данной работы можно сказать, что существующие многообразие САПР позволяет выполнять огромнейшую работу с низкими затратами труда, при экономии время и средств на проектирование различных инновационных сельскохозяйственных орудий и агрегатов, которые позволят улучшить процесс сельскохозяйственного производства, уменьшить затраты и обеспечить соблюдение агротехнических требований.

Проектирование разработанного почвообрабатывающего катка позволило определить его основные конструктивные параметры и выполнить прочностные расчёты.

Литература

- [1] Ахмадеева М.М. Обоснование Энергетических и экономических показателей комбинированного почвообрабатывающего агрегата / Г.С. Юнусов, М.М. Ахмадеева, А.Р. Валиев и др. // Вестник Казанского ГАУ. 2016. №3(41). С. 71 - 77.
- [2] Большаков В.П. Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум – 2010. С. 70.
- [3] Головкина В.Б. Применение системы трехмерного геометрического моделирования КОМПАС-3D для решения задач по начертательной геометрии /., Чиченева О.Н., Свиринов В.В., Дохновская И.В. – 2008. С. 10 - 55.
- [4] Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России. Т. II [Электронный ресурс] : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 12 – 13 марта 2015 г. / ред.: А.В. Чупшев. — Пенза : RIO ПГСХА, 2015. — 239 с. — Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/304667>
- [5] Иовлев Г.А. Использование сельскохозяйственной техники при внедрении инновационных технологий в растениеводстве / Г.А. Иовлев // Аграрный вестник Урала. 2016. № 5 (147). С. 66-73.
- [6] Фролов Д. И., Курочкин А. А., Шабурова Г. В. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1 (29). С. 120-126. EDN: UCTCXX.
- [7] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 29-33. EDN: SFOUHZ.
- [8] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3. С. 18-23. EDN: QJCHJV.
- [9] Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. № 4 (28). С. 67-72. EDN: VOIRLD.
- [10] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4(1). – С. 30-35. – EDN TKIWUZ.

References

- [1] Akhmadeeva M.M. Obosnovanie Energeticheskikh i ekonomicheskikh pokazatelei kombinirovannogo pochvoobrabatyvayushchego agregata / G.S. Yunusov, M.M. Akhmadeeva, A.R. Valiev i dr. // Vestnik Kazanskogo GAU. 2016. No 3(41). pp. 71 - 77.
- [2] Bol'shakov V.P. Sozdanie trekhmernykh modelei i konstruktorskoj dokumentatsii v sisteme KOMPAS-3D. Praktikum – 2010. pp. 70.
- [3] Golovkina V.B. Primenenie sistemy trekhmernogo geometricheskogo modelirovaniya KOMPAS-3D dlya resheniya zadach po nachertatel'noi geometrii /., Chicheneva O.N., Svirin V.V., Dokhnovskaya I.V. – 2008. pp. 10 - 55.
- [4] Innovatsionnye idei molodykh issledovatelei dlya agropromyshlennogo kompleksa Rossii. T. II [Elektronnyi resurs] : sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, 12 – 13 marta 2015 g. / red.: A.V. Chupshev. — Penza : RIO PGSKhA, 2015. — 239 p. — Rezhim dostupa: <https://rucont.ru/efd/304667>
- [5] Iovlev G.A. Ispol'zovanie sel'skokhozyaistvennoi tekhniki pri vnedrenii innovatsionnykh tekhnologii v rastenievodstve / G.A. Iovlev // Agrarnyi vestnik Urala. 2016. No 5 (147). pp. 66-73.
- [6] Frolov D. I., Kurochkin A. A., Shaburova G. V. Opredelenie optimal'nykh parametrov botvoudalyayushchei mashiny na posevakh luka (Determination of the optimal parameters haulm removing machine for sowing onion), Vestnik Ul'yanskoj gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2015, No. 1 (29), pp. 120-126. EDN: UCTCXX.
- [7] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Modeling the process of removing onion tops by the working body of the topping machine // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2014. No. 3. pp. 29-33. EDN: SFOUHZ.
- [8] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Substantiation of the optimal rotational speed of the working body of the topping machine // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2013. No. 3. pp. 18-23. EDN: QJCHJV.
- [9] Analysis of the process of air movement inside the casing of the topping working body with justification of the optimal angle of inclination of the knives / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.E. Kashirin // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva. 2015. No. 4 (28). pp. 67-72. EDN: VOIRLD.
- [10] Frolov, D. I. Analysis of the work of the haulm-removing working body with optimization of the air flow inside the casing / D. I. Frolov // Innovative technique and technology. - 2014. - No. 4(1). - pp. 30-35. – EDN TKIWUZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

Прошкин Вячеслав Евгеньевич кандидат технических наук доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» 432017, Ульяновская область, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1 Тел.: +7(8927) 987-10-88 E-mail: bgdie@yandex.ru	Proshkin Vyacheslav Evgenievich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Agrotechnologies, machines and life safety» Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin Phone: +7(8927) 987-10-88 E-mail: bgdie@yandex.ru
Линеенко Владислав Борисович аспирант кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» 432017, Ульяновская область, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1 Тел.: 8 953 982 64 95 E-mail: sven-rostelek@mail.ru	Linenko Vladislav Borisovich postgraduate at the department of «Agrotechnologies, machines and life safety» Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin Phone: 8 953 982 64 95 E-mail: sven-rostelek@mail.ru

Особенности агротехнологии производства сарептской горчицы в условиях Волгоградской области

Русакова Г.Г., Лебедь Н.И., Парахневич Е.Д., Парахневич Д.В., Русакова М.М.

Аннотация. Цель исследования – на основе теоретических и экспериментальных исследований подобрать комплекс научно-обоснованных агротехнических мероприятий возделывания сарептской горчицы для получения максимального урожая с наименьшими затратами. Материалами и методами исследования при выполнении данной работы являлось изучение и систематизация многочисленных источников информации по методам выращивания сарептской горчицы. Основные результаты представлены в оптимизации всех агротехнологических операций производства с конкретными рекомендациями по их реализации: место в севообороте, основная обработка почвы, внесение удобрений, предпосевная обработка почвы, посев, уход за посевами, защита растений горчицы от вредителей и болезней, уборка урожая, очистка и сортировка семян. В результате построена логистическая цепь возделывания сарептской горчицы, предусматривающая выполнение комплекса научно-обоснованных агротехнических мероприятий для получения максимального урожая с наименьшими затратами. Новизной работы является интеграция собственных исследований и других авторов по различным агротехнологическим операциям производства сарептской горчицы для разработки комплексной методологии решения проблемы эффективного ее возделывания.

Ключевые слова: горчица, сарепта, агротехнологии, хранение.

Для цитирования: Русакова Г.Г., Лебедь Н.И., Парахневич Е.Д., Парахневич Д.В., Русакова М.М. Особенности агротехнологии производства сарептской горчицы в условиях Волгоградской области // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 53–60.

Features of agricultural technology for the production of Sarepta mustard in the conditions of the Volgograd region

Rusakova G.G., Lebed N.I., Parakhnevich E.D., Parakhnevich D.V., Rusakova M.M.

Abstract. The purpose of the study is to select a set of science-based agrotechnical measures for the cultivation of Sarepta mustard on the basis of theoretical and experimental studies to obtain the maximum yield at the lowest cost. Materials and methods of research in the performance of this work was the study of numerous sources of information on the methods of growing Sarepta mustard. The main results are presented in the optimization of all agrotechnological operations of production with specific recommendations for their implementation: place in the crop rotation, basic tillage, fertilization, pre-sowing tillage, sowing, caring for crops, protecting mustard plants from pests and diseases, harvesting, cleaning and seed sorting. As a result, a logistic chain for the cultivation of Sarepta mustard has been built, which provides for the implementation of a set of science-based agrotechnical measures to obtain the maximum yield at the lowest cost. The novelty of the work is the integration of own research and other authors on various agrotechnological operations of the production of Sarepta mustard to develop a comprehensive methodology for solving the problem of its effective cultivation.

Keywords: mustard, sarepta, agrotechnologies, storage.

For citation: Rusakova G.G., Lebed N.I., Parakhnevich E.D., Parakhnevich D.V., Rusakova M.M. Features of agricultural technology for the production of Sarepta mustard in the conditions of the Volgograd region. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 53–60. (In Russ.).

Введение

Существует 40 видов горчицы, но самые популярные – белая, черная и сарептская [1].

В России выращивают два вида горчицы: сизую (сарептскую) и белую. Черная горчица в нашей стране не находит промышленного применения.

Сарептская горчица является пряно-масличной культурой.

Среди масличных культур сарептская горчица по посевным площадям занимает четвертое место после подсолнечника, сои и льна масличного. Площадь посева сарептской горчицы в России составляет 250 тыс. га. На долю Поволжья приходится 187 тыс. га или 72 %. Основные площади сконцентрированы в небольшом количестве областей, а именно (тыс. га): Волгоградской - 144,7; Саратовской - 37,7; Ростовской - 10,8; Курганской - 13,2; Новосибирской - 13,7; Омской - 4,9 и Республике Башкортостан - 3,6. В Волгоградском регионе горчица является традиционной масличной культурой. Посевы горчицы реагируют на погодные условия, внесение удобрений, подготовку почвы [10].

Семена горчицы являются сложной многокомпонентной смесью разного класса химических соединений. В своем составе они содержат свободные жирные кислоты, триглицериды, белки, углеводы, фосфолипиды, альдегиды, кетоны, ферменты, витамины, тиогликозиды и целый ряд других неидентифицированных соединений [2, 11].

Химический состав семян горчицы зависит от многих факторов: сорта семян, степени зрелости, географической зоны произрастания, климатических условий, состава почвы, используемых удобрений и других экологических факторов [3].

Цель исследования – на основе теоретических и экспериментальных исследований подобрать комплекс научно-обоснованных агротехнических мероприятий возделывания сарептской горчицы для получения максимального урожая с наименьшими затратами.

Объекты и методы исследований

Материалами и методами исследования при выполнении данной работы являлось изучение многочисленных источников информации по методам выращивания сарептской горчицы, часть из которых приведена в списке литературы.

Результаты

Лучшие предшественники – пар и озимые после пара, зернобобовые, оборот пласта многолетних трав [12].

Недопустимо размещать посевы по крестовидным культурам (горчица, рапс, сурепица, редька, турнепс и др.) раньше, чем через 5...6 лет, так как это ведет к накоплению вредителей и болезней,

а также засорению падалицей. Крайне нежелательные предшественники – просо и однолетние травы.

Горчица является отличным медоносом и предшественником для зерновых и кормовых культур, особенно, если выращивать ее широкоярым способом. Она выполняет фитосанитарную роль в севообороте: уменьшает корневые гнили у ячменя и пшеницы, способствует улучшению структуры почв и повышению их плодородия. При хорошем развитии горчица легко справляется с сорняками. Замечено, что даже поле, засоренное пыреем ползучим и горчаком, освобождается до некоторой степени от этих злостных сорняков.

В задачу основной обработки почвы входит уничтожение сорняков, придание пахотному слою оптимального сложения, накопление и сбережение влаги, предотвращение ветровой и водной эрозии.

Основную обработку почвы под горчицу на семенных участках проводят дифференцированно с учетом конкретных условий. При размещении горчицы по зерновым предшественникам после их уборки проводят качественное лущение стерни на глубину 6...8 см.

Если поля засорены однолетними сорняками, то по мере их появления лущение повторяют на 8...10 и 12...14 см с последующей осенней вспашкой на 25...27 см (до 30).

При засорении полей многолетними сорняками применяют систему улучшенной зяби, включающую в себя раннее дисковое лущение на 6...8 см, лемешное лущение на 10...12 см плугом-лущильщиком (после отрастания сорняков) и осеннюю вспашку на 25...27 см (до 30). При сильном засорении посевов эффективна послойная обработка с применением гербицидов группы 2,4 Д. Их вносят после лущения стерни по отросшим розеткам сорняков при температуре не ниже 12...14 °С и норме расхода 2...3 кг/га д.в. Вспашку зяби проводят на 25...27 см (до 30 см) не раньше, чем через 10...15 сут. после опрыскивания гербицидами.

Положительное значение для горчицы имеет дополнительное углубление пахотного слоя, особенно на солонцеватых почвах с применением трех ярусной вспашки или вспашки с почвоуглубителями.

В степных районах, где почвы подвержены ветровой эрозии используют систему плоскорезных обработок с оставлением на поверхности поля стерни. Эта система включает 1...2 мелких обработки почвы культиваторами-плоскорезами и безотвальное рыхление плоскорезами-глубоко-рыхлителями. Их проводят в те же сроки, что и систему улучшенной зяби или послойные обработки. Если после 1-го или 2-го мелкого рыхления многолетние сорняки хорошо отрастают (5...6 листьев), то их обрабатывают гербицидом группы 2,4 Д так же, как это делается при подготовке зяби. На полях, подверженных водной и ветровой эрозии, основную обработку почвы обязательно сочетают с противоэрозионными

мероприятиями (обработка плоскорезами с оставлением стерни, вспашка поперек склонов и т.д.).

На полях возделывания горчицы в зимний период проводят снегозадержание снегопахом-валкователем.

Отклонение средней глубины обработки почвы от заданной при лущении не должно превышать 2 см. Верхний слой почвы после рыхления должен быть мелкокомковатым, а поверхность обработанного поля – слитной и ровной. Лущение проводят поперек направления движения уборочных агрегатов со скоростью не более 10 км/ч.

Отклонение от заданной глубины при вспашке не должно превышать $\pm 5\%$ на ровных участках и $\pm 10\%$ на неровных. Ширина и толщина пластов должна быть одинакова, растительные остатки и удобрения полностью запаханы, а гребни пластов должны иметь равную высоту. Не допускаются высокие свальные гребни, глубокие развальные борозды между отдельными проходами, а также скрытые огрехи.

Минеральные удобрения являются одним из основных факторов формирования высокого урожая семян горчицы. Это связано с повышенным выносом из почвы элементов минерального питания. На формирование 1 т семян горчица потребляет 55...60 кг азота, 25...30 кг фосфора и 25...35 кг калия, а кальция, магния, бора и серы – в 3,5 раза больше, чем зерновые культуры.

Минеральные удобрения вносят под основную обработку почвы.

Благодаря способности высокой усвояющей корневой системы, горчица хорошо использует удобрения из почвы и дает значительные приросты урожая семян, более высокие, чем другие культуры.

Если удобрения не вносили под основную обработку, их следует внести весной при посеве из расчета N 20-40 P 20...40 кг/га, а на почвах бедных калием вносят K 40...60 кг/га.

Для повышения семенной продуктивности и содержания эфирного масла в семенах горчицы целесообразно использовать удобрения содержащие серу (до 30 кг/га в пересчете на серу).

На участках с повышенной кислотностью ($pH < 6$) под вспашку вносят известковую муку из расчета 1,0...1,5 т/га.

На бедных микроэлементами почвах (дерново-подзолистые, лесные, песчаные и др.) вносят до 30...50 кг/га серы и 2...3 кг/га борной кислоты.

Наиболее эффективный прием – внесение гранулированного суперфосфата или аммофоса во время сева в количестве 20...50 кг/га.

Горчица положительно отзывается и на органические удобрения. Однако их следует вносить под предшествующую культуру в дозе 30...40 т/га, т.к. прямое применение навоза под горчицу увеличивает количество сорняков и затягивает созревание культуры.

Рекомендуемые оптимальные дозы минеральных и органических удобрений могут быть изме-

нены в каждом хозяйстве с учетом агрохимических картограмм и планируемой урожайности горчицы.

Главной целью предпосевной обработки почвы под горчицу является тщательное выравнивание поверхности поля, уничтожение всходов сорняков и сохранение влаги на глубине заделки семян и, таким образом, создание оптимальных условий для высококачественного посева, обеспечивающего дружные всходы. Допосевная обработка зяби должна быть минимальной, ее проводят по «спелой» почве с учетом весеннего состояния пашни, условий весны.

Высококачественная зябь позволяет ограничиться весной одной предпосевной культивацией на глубину 4...5 см. Культивацию следует проводить поперек вспашки или под углом к ней.

На невыровненной зяби перед предпосевной культивацией проводят обработку почвы выравнивателями или культиваторами в агрегате с боронами.

Для борьбы с однолетними злаковыми и некоторыми двудольными сорняками применяют гербициды трефлан или нитран в количестве 3...4 кг/га до посева с немедленной заделкой в почву культиваторами.

Оптимальным сроком посева горчицы принято считать устойчивое прогревание почвы на глубине заделки семян $+8 \div +10$ °C. Этот период обычно совпадает с посевом ранних колосовых культур. Сельскохозяйственная наука и многолетняя практика показывают, что урожай горчицы при раннем сроке посева, как правило, на 15...25 % выше, чем при позднем (через 20 дн.) [4].

Однако на сильно засоренных полях целесообразно проводить культивацию после массового прорастания сорняков, а горчицу сеять в средние сроки.

Растения горчицы сарептской с увеличением площади питания значительно увеличивают семенную продуктивность за счет ветвей второго и последующих порядков. При рядовом посеве основной урожай семян обеспечивается за счет центральной ветви, а при широкорядном – за счет увеличения числа ветвей первого и последующих порядков.

На хорошо подготовленных и чистых от сорняков полях лучшие результаты дает рядовой посев с междурядьями 15 см при норме 1,5...2,0 млн всхожих семян на 1 га (8...10 кг/га). На орошаемых участках и при хорошем запасе влаги в почве целесообразно увеличить норму высева до 2,5...3 млн всхожих семян на 1 га (9...12 кг/га). В зонах недостаточного увлажнения Поволжья и Ростовской области, особенно при малых запасах осенне-зимней влаги и сильном засорении полей сорняками, а также на семеноводческих посевах предпочтение следует отдавать широкорядному способу с междурядьями 45...70 см при норме 1 млн всхожих семян на 1 га (4...5 кг/га) [5, 6].

Посев горчицы осуществляют сеялками, проводя замену в редукторе шестерен, соответственно,

на шестерни, предназначенные для вала туковых аппаратов. Можно применять овощные сеялки [7].

Важное значение имеет глубина заделки семян, которая зависит от типа почвы и степени увлажнения ее верхнего слоя. При раннем сроке сева, когда верхний слой почвы еще влажный, глубина заделки семян не должна превышать 3...4 см, по мере пересыхания верхнего слоя допускается глубина посева 5...6 см на тяжелых почвах и даже до 7...8 см на легких, если на этой глубине имеется влага.

Для получения дружных всходов обязательно до или после посевное прикатывание кольчато-зубчатыми катками.

При образовании плотной почвенной корки эффективно довсходовое боронование поперек рядов посева легкими боронами или ротационной мотыгой при скорости движения агрегата 5...6 км/ч.

При загущенных посевах и массовом появлении сорняков на участках обычного рядового посева применяется боронование всходов. Его следует выполнять в фазе 3...5 настоящих листьев. При раннем проведении этой работы посевы изреживаются вследствие уничтожения и присыпания всходов почвой, а запаздывание с этим приемом не дает желаемого эффекта, так как растения сорняков успевают хорошо укорениться. Боронование должно выполняться при сухой погоде во второй половине дня, когда растения горчицы теряют тургор и меньше повреждаются. Скорость движения агрегатов не должна превышать 3...5 км/ч. Для уменьшения глубины хода (и повреждения культурных растений) зубья борон должны быть направлены косым срезом вперед.

Культивацию междурядий на широкорядных посевах следует начинать в фазе 3...4 настоящих листьев. Обычно проводится 1...2 обработки на глубину 5...6 см. Для первой культивации применяются в каждом междурядии 2 односторонние плоскорежущие лапки и в центре 1 стрельчатая. Вторая культивация при необходимости выполняется до начала стеблевания растений. При междурядной обработке нельзя допускать повреждения растений.

Решающим условием получения высоких урожаев семян является их защита от вредителей и болезней.

Наиболее опасными вредителями горчицы сарептской являются крестоцветные блошки, рапсовый пилильщик, рапсовый цветоед, рапсовый листоед, капустная тля, скрытнохоботник, капустная моль, крестоцветный клоп и др.

К числу наиболее распространенных болезней горчицы относятся: мучнистая и ложная мучнистая роса, белая ржавчина и фузариоз.

Нередки случаи, когда из-за несвоевременного выполнения защитных мероприятий посевы культуры полностью уничтожались такими вредителями, как крестоцветные блошки и листогрызущие гусеницы.

Для защиты растений от вредителей и болез-

ней важно сочетать агротехнические, химические и биологические мероприятия.

К агротехническим мерам относится постоянное уничтожение сорной растительности на краях полей, обочинах дорог, межах, залежах и в лесополосах; соблюдение чередования культур в севообороте; глубокая зяблевая вспашка с предварительным лущением стерни; оптимальные сроки посева; уничтожение пожнивных остатков и падалицы крестоцветных растений.

Из биологических мер эффективно применение против гусениц и ложногусениц листогрызущих вредителей (пилильщиков, моли, листоедов, белянок и др.) таких биологических препаратов, как эктобактерин-3 и битоксибанилин в дозе 3 кг препарата на гектар посевов.

Наиболее экономичным и эффективным способом защиты всходов горчицы сарептской от крестоцветных блошек является посев семенами, инкрустированными перед посевом одним из следующих препаратов: 35 % текучей пасты (т. пс.) адифура (25...30 л/т); 35 % т. пс. брифура (15 л/т); 35 % т. пс. дейфура (15 л/т) или 35 % т. пс. фурадана (15 л/т). Обработка семян предохраняет всходы горчицы в течение 7...10 дней от повреждений крестоцветными блошками. Инкрустацию семян производится в день посева [8].

При обнаружении на погонном метре рядка 20 и более жуков блошки, посев следует опрыскнуть 40 %-м концентратом эмульсии (к.э.) метафоса (0,75...1,5 л/га) или 18 %-м смачивающимся порошком (с.п.) вофатокса (1,5...2,0 кг/га).

В период вегетации против клопов, листогрызущих гусениц, капустной моли, рапсового пилильщика, горчичной белянки и листоеда, а также против рапсового цветоеда, скрытнохоботника и тлей посевы до цветения опрыскивают одним из препаратов: карбофос карате, метафос, суми-альфа, метилпаратион, фастак, децис.

Опрыскивание проводят машинами с нормой расхода рабочего раствора 200...300 л/га. Авиационную обработку выполняют самолетами с расходом рабочей жидкости 50...100 л/га.

Не следует проводить опрыскивания поля при скорости ветра более 3 м/с. Эту работу лучше всего выполнять ранним утром, вечером, ночью или в пасмурные дни, когда отсутствуют восходящие потоки воздуха. Обработку поля наземной техникой следует начинать с подветренной стороны при движении агрегата под углом около 45° к направлению ветра.

Для защиты растений от ложной мучнистой росы эффективно применять 80 %-й с.п. поликарбодина (12,4 кг/га) и препарат 80 %-й с.п. цинеба (1,8...3,6 кг/га д.в.), против мучнистой росы 1 %-й раствор коллоидной серы (20 кг/га).

При работе с препаратами необходимо строго соблюдать инструкции по технике безопасности.

Горчицу убирают как двухфазным (раздельным) способом, так и прямым комбайнированием

Таблица 1 – Размер решет для первичной очистки вороха горчицы

Б ₁	Б ₂	В	Г
Ø 1,8-2,0	Ø 2,25-2,6	Ø 1,0 1,2	— 0,9-1,0

Таблица 2 – Размер решет для повторной очистки вороха горчицы

Б ₁	Б ₂	В	Г
Ø 1,7	Ø 2,0 (2,25)	— 1,0	Ø 1,1-1,2

[9]. Оптимальным сроком скашивания растений в валке является фаза желто-зеленого стручка, когда около половины стручков на растении приобретут лимонно-желтый оттенок, нижние и средние листья центральной ветви опадут, а семена в нижних стручках центральной ветви приобретут свойственную сорту желтую окраску. Влажность семян в этот период достигает 30...40 %. Для скашивания используют любые жатки, позволяющие убирать растения в валке, избегая растрескивания стручков. Высота среза не должна быть ниже 15...20 см.

Обмолачивают валки по мере их подсыхания при влажности семян 8...12 %. Обмолот лучше проводить в утренние, вечерние и ночные часы, чтобы уменьшить потери от осыпания семян. Для обмолота используют зерновой комбайн, оборудованный специальным приспособлением для обмолота мелкосемянных и крупяных культур. Это приспособление позволяет снизить потери семян с 14,3 (без приспособления) до 1,6 %, а их дробление – с 3,2 до 0,6 %.

Комбайн необходимо герметизировать, нанося пенополиуретан на места возможной утечки семян.

Для подбора валков жатку комбайна оборудуют полотенно-транспортным подборщиком. Рабочая скорость комбайна – 5...6 км/ч, число оборотов вала молотильного барабана не должно превышать 400...600 в мин, зазор в деке на входе 22...35 мм, а на выходе 10...13 мм; частота оборотов вентилятора – 340...440 в мин; жалюзи верхнего регистра должны быть открыты на 2/3, нижнего – на 1/3, а удлинитель решета – почти полностью.

Уборку горчицы прямым комбайнированием проводят при наступлении полной спелости семян и влажности не более 10 %. Для этого используют зерновые комбайны, отрегулированные на уборку мелкосемянных культур при сниженной частоте оборотов молотильного барабана до 400...600 в мин, вентилятора – до 340...440 оборотов в мин. При прямом комбайнировании уменьшаются потери семян, которые происходят при подборе валков и повреждении горчицы осадками при раздельном способе уборки.

При возделывании горчицы на зеленый корм или силос скашивание растений следует проводить в начале цветения. Для этого используют кормо- и силосоуборочные комбайны и косилку-подборщик, также возможно применение ботвоудаляющей ма-

шины [13-17]. При уборке на сенаж применяют валковые косилки-плющилки. Высота скашивания не более 5 см.

Очистка семян горчицы начинается в потоке с обмолотом. Для очистки товарных семян применяются передвижные зерноочистительные агрегаты или стационарные зерноочистительные агрегаты. Все эти машины требуют специального оборудования для очистки мелкосемянных культур и подбора соответствующего режима работ. У зерноочистительных машин уменьшают число колебаний решетного стана до 325...350 в минуту.

Для первичной очистки вороха горчицы используют разделительные (Б1 и Б2) и подсевные (В и Г) решета с круглыми и продолговатыми отверстиями, которые подбирают в зависимости от размера семян. Чаще применяют решета следующих размеров (мм) (табл. 1):

После первичной очистки семена сдают на заготовительные предприятия.

Семенной материал повторно очищают и сортируют при установке решет следующих размеров (мм) (табл. 2):

Обычно применяют машины, имеющие набор решет для мелкосемянных культур. Если семена горчицы засорены овсюгом, семенной материал пропускают через триера с ячейками диаметром 2,5...3,0 мм. При необходимости проводится сортировка на пневматических столах, а также на электромагнитной машине. Хорошие результаты на очистке дает использование зерноочистительных агрегатов с семяочистительной приставкой. При влажности семян более 12 % необходима их сушка. Семенной материал сушат в сушилах при температуре теплоносителя не более 35...40 °С.

В соответствии с государственным стандартом на сортовые и посевные качества семян горчицы [2], всхожесть должна быть (не менее): для семян I класса – 85 %, II и III класса – 90 %.

Семена горчицы, производимые специализированными семеноводческими хозяйствами, должны быть не ниже второй репродукции, по сортовой чистоте не ниже третьей категории (97,0 %), а по посевным качествам – не ниже требований третьего класса: чистота – 99 %, содержание семян других растений (штук на 1 кг) – не более 720, в том числе семян сорняков – не более 400; всхожесть – не менее 90 %. Влажность семян, закладываемых на кратковременное хранение, не должна быть выше 12 %, а страхового фонда – не более 8 %. Семена должны храниться в мешках при высоте штабеля не более шести рядов мешков.

Операции очистки семян от посторонних примесей и снижения влажности семян до безопасных величин создают условия для устойчивого сохранения качества семян при последующем хранении. После хранения технологическая переработка включает операции повторной очистки семян от примесей, а также фракционирование (кондиционирование) семян по размерам и влажности. Наи-

большее значение для масличных семян, которые перерабатываются с предварительным отделением низкомасличных семенных оболочек от высокомасличного ядра, имеет операция кондиционирования.

Обсуждение

На основе теоретических и экспериментальных исследований авторами подобран комплекс научно-обоснованных агротехнических мероприятий возделывания сарептской горчицы для получения максимального урожая с наименьшими затратами. Основные результаты представлены в оптимизации всех агротехнологических операций с конкретными рекомендациями по их реализации: место в севообороте, основная обработка почвы, внесение удобрений, предпосевная обработка почвы, посев, уход за посевами, защита растений горчицы от вредителей и болезней, уборка урожая, очистка и сортировка семян.

Литература

- [1] Жуковский, П. М. Горчица сарептская / П. М. Жуковский // Культурные растения и их сородичи. - Л., 1964. - С. 401-402.
- [2] Дублянская, Н. Ф. Химический состав современных сортов сарептской горчицы / Н. Ф. Дублянская // Масложировая промышленность. - 1959. - № 9. - С. 9-11.
- [3] Логистическая цепь переработки семян сарептской горчицы / М. М. Русакова, Г. Г. Русакова, Е. Д. Парахневич [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. - 2018. - № 3(24). - С. 31-36. - EDN YOLXXV.
- [4] Патент на полезную модель № 161413 U1 Российская Федерация, МПК A01C 1/00. Устройство для предпосевной обработки семян : № 2015155485/13 : заявл. 23.12.2015 : опубл. 20.04.2016 / В. А. Балашов, А. Б. Голованчиков, Е. Э. Нефедьева [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолГТУ). - EDN HOIUFY.
- [5] Воробейков, Г. А. Действие бактериальных препаратов на рост и продуктивность горчицы сарептской / Г. А. Воробейков // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК : Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 25 февраля 2022 года. - Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. - С. 75-80. - EDN RXXVVE.
- [6] Особенности химического состава семян и масла горчицы сарептской / Н. С. Осик, И. В. Шведов,

Выводы

В результате построена логистическая цепь возделывания сарептской горчицы, предусматривающая выполнение комплекса научно-обоснованных агротехнических мероприятий для получения максимального урожая с наименьшими затратами. Новизной работы является интеграция собственных исследований и других авторов по различным агротехнологическим операциям производства сарептской горчицы для разработки комплексной методологии решения проблемы эффективного ее возделывания. Дальнейшей перспективой развития темы исследований является разработка на основе экспериментальных данных математической модели искусственной экосистемы с регулируемыми параметрами при выращивании сарептской горчицы посредством микроклонального размножения.

References

- [1] Zhukovsky, P. M. Sarepta mustard / P. M. Zhukovsky // Cultivated plants and their relatives. - L., 1964. - pp. 401-402.
- [2] Dublyanskaya, N.F. Chemical composition of modern varieties of Sarepta mustard / N.F. Dublyanskaya // Oil and fat industry. - 1959. - No. 9. - pp. 9-11.
- [3] Rusakova M. M., Rusakova G. G., Parakhnevich E. D. [et al.] Logistic chain of seed processing of Sarepta mustard // Energy and resource saving: industry and transport. - 2018. - No. 3 (24). - pp. 31-36. - EDN YOLXXV.
- [4] Utility model patent No. 161413 U1 Russian Federation, IPC A01C 1/00. Device for pre-sowing seed treatment : No. 2015155485/13 : Appl. 12/23/2015 : publ. 20.04.2016 / V. A. Balashov, A. B. Golovanchikov, E. E. Nefed'eva [and others]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Technical University» (VolgGTU). - EDN HOIUFY.
- [5] Vorobeikov, G. A. The effect of bacterial preparations on the growth and productivity of Sarepta mustard / G. A. Vorobeikov // Trends in the development of technical means and technologies in the agro-industrial complex: Proceedings of the international scientific and practical conference, Voronezh, February 25, 2022. - Voronezh: Voronezh State Agrarian University. Emperor Peter I, 2022. - pp. 75-80. - EDN RXXVVE.
- [6] Osik N. S., Shvedov I. V., Shishkov G. Z., Kalenov P. A. Features of the chemical composition of seeds and oil of mustard sarepta // Izvestia of higher educational institutions. Food technology. - 2000. - No. 4 (257). - pp. 20-23. - EDN QCPBKZ.
- [7] Kandrov, Z. Zh. Productivity and quality of seeds of

- Г. З. Шишков, П. А. Каленов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2000. – № 4(257). – С. 20-23. – EDN QCPBKZ.
- [7] Кандроков, З. Ж. Продуктивность и качество семян горчицы сарептской в зависимости от способов посева и минерального питания / З. Ж. Кандроков // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 6. – С. 24-26. – EDN KWKKCF.
- [8] Иванцова, Е. А. Агротехнические приемы защиты горчицы сарептской / Е. А. Иванцова // Земледелие. – 2004. – № 4. – С. 46-47. – EDN PJNSCH.
- [9] Возделывание горчицы сарептской в качестве сидерата / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев, В. И. Ольгаренко, Д. В. Сухарев // Плодородие. – 2019. – № 5(110). – С. 45-47. – DOI 10.25680/S19948603.2019.110.13. – EDN CBYKVN.
- [10] Шабышев, Н. В. Изменение pH почвы при внесении безводного аммиака в качестве удобрения / Н. В. Шабышев, Ю. В. Блинохватова, В. Н. Эркаев // Роль вузовской науки в решении проблем АПК : сборник статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Г.Б. Гальдина, Пенза, 24–25 октября 2018 года. Том I. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 161-164. – EDN YOCXWH.
- [11] Накопления бобовыми культурами селена в зависимости от содержания его в почвах Пензенской области / В. А. Вихрева, А. А. Блинохватов, Ю. В. Блинохватова, С. В. Зиновьев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 5(21). – С. 96-98. – EDN SYIUTF.
- [12] Оценка степени деградации почв на земельных участках сельскохозяйственного назначения в результате антропогенного воздействия / Н. П. Чекаев, Ю. В. Блинохватова, А. Ю. Кузнецов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 4(24). – С. 51-61. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-6. – EDN YZQEUN.
- [13] Фролов Д. И., Курочкин А. А., Шабурова Г. В. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1 (29). С. 120-126. EDN:UCTCXX.
- [14] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 29-33. EDN: SFOUHZ.
- [15] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3. С. 18-23. EDN: QJCHJV.
- [16] Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с Sarepta mustard depending on the methods of sowing and mineral nutrition / Z. Zh. Kandrov // Modern science-intensive technologies. - 2009. - No. 6. - pp. 24-26. – EDN KWKKCF.
- [8] Ivantsova, E. A. Agrotechnical methods of protection of Sarepta mustard / E. A. Ivantsova // Agriculture. - 2004. - No. 4. - pp. 46-47. – EDN PJNSCH.
- [9] Monastyrsky V. A., Babichev A. N., Olgarenko V. I., Sukharev D. V. Cultivation of mustard as green manure // Fertility. - 2019. - No. 5 (110). - Pp. 45-47. – DOI 10.25680/S19948603.2019.110.13. – EDN CBYKVN.
- [10] Shabyshev, N. V. Change in soil pH when anhydrous ammonia is applied as a fertilizer / N. V. Shabyshev, Yu. national) scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Professor G.B. Galdina, Penza, October 24–25, 2018. Volume I. - Penza: Penza State Agrarian University, 2018. - pp. 161-164. – EDN YOCXWH.
- [11] Accumulation of selenium by legumes depending on its content in the soils of the Penza region / V. A. Vikhreva, A. A. Blinokhvatov, Yu. - 2014. - No. 5 (21). - pp. 96-98. — EDN SYIUTF.
- [12] Assessment of the degree of soil degradation on agricultural land plots as a result of anthropogenic impact / N. P. Chekaev, Yu. Volga region. Natural Sciences. - 2018. - No. 4 (24). - pp. 51-61. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-6. – EDN YZQEUN.
- [13] Frolov D. I., Kurochkin A. A., Shaburova G. V. Opredelenie optimal'nykh parametrov botvoudalyayushchei mashiny na posevakh luka (Determination of the optimal parameters haulm removing machine for sowing onion), Vestnik Ul'yanskoii gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2015, No. 1 (29), pp. 120-126. EDN: UCTCXX.
- [14] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Modeling the process of removing onion tops by the working body of the topping machine // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2014. No. 3. pp. 29-33. EDN: SFOUHZ.
- [15] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Substantiation of the optimal rotational speed of the working body of the topping machine // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2013. No. 3. pp. 18-23. EDN: QJCHJV.
- [16] Analysis of the process of air movement inside the casing of the topping working body with justification of the optimal angle of inclination of the knives / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.E. Kashirin // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva. 2015. No. 4 (28). pp. 67-72. EDN: VOIRLD.
- [17] Frolov, D. I. Analysis of the work of the haulm-removing working body with optimization of the air flow inside the casing / D. I. Frolov // Innovative technique and technology. - 2014. - No. 4(1). - pp. 30-35. – EDN TKIWUZ.

обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. № 4 (28). С. 67-72. EDN: VOIRLD.

- [17] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4(1). – С. 30-35. – EDN TKIWUZ.

Сведения об авторах

Information about the authors

Русакова Галина Георгиевна доктор сельскохозяйственных наук профессор кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28 Тел.: E-mail:	Rusakova Galina Georgievna D.Sc. in Agricultural Sciences professor at the department of «Industrial Ecology and Life Safety» Volgograd State Technical University Phone: E-mail:
Лебедь Никита Игоревич доктор технических наук профессор кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» г. Волгоград, пр. Университетский, 26 Тел.: +7(937) 538-02-59 E-mail: nik8872@yandex.ru	Lebed Nikita Igorevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of Power supply and energy systems Volgograd State Agrarian University Phone: +7(937) 538-02-59 E-mail: nik8872@yandex.ru
Парахневич Елена Дмитриевна кандидат технических наук ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» Волгоград, проспект имени В.И. Ленина, 28 Тел.: E-mail:	Parahnevich Elena Dmitrievna PhD in Technical Sciences Volgograd State Technical University Phone: E-mail:
Парахневич Дмитрий Валерьевич кандидат технических наук ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» Волгоград, проспект имени В.И. Ленина, 28 Тел.: E-mail:	Parakhnevich Dmitry Valerievich PhD in Technical Sciences Volgograd State Technical University Phone: E-mail:
Русакова Мария Михайловна ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» Волгоград, проспект имени В.И. Ленина, 28 Тел.: E-mail:	Rusakova Maria Mikhailovna Volgograd State Technical University Phone: E-mail:

Перспективные направления развития пневмотранспорта в агропромышленном комплексе

Рыбин Г.В., Блохин М.С., Назаров В.Н., Талыков В.А.

Аннотация. Активное развитие агропромышленного комплекса Российской Федерации предполагает значительное увеличение объёма производств, а следовательно, увеличивается количество затрачиваемых удобрений для растений, кормов для животных, других производственных материалов, готового продукта, а также площадь предприятий. В связи с этим важным является исследование, совершенствование и внедрение на реальные производства установок для транспортирования материала. Между тем сельское хозяйство и перерабатывающая промышленность нашей страны сталкивается с проблемой серьёзной импортозависимости, поскольку большая часть технологий и оборудования (в том числе для транспортирования) представлены зарубежными производителями. Поэтому стоит острая необходимость именно отечественных разработок в данной сфере. Также важным вопросом для исследований является автоматизированное транспортирование жидкостей, которое находит всё более широкое применение. На данный момент наиболее распространены маломеханизированный, конвейерный и пневматический методы транспортирования. Маломеханизированный метод транспортирования предполагает наличие погрузочных и транспортировочных машин, которые производят много шума, загрязняют окружающий воздух продуктами сгорания топлива и обладают низким уровнем автоматизации. Однако, такой метод сравнительно простой и дешёвый, при этом существуют материалы, которые невозможно транспортировать другими способами. Конвейерный метод несмотря на такие преимущества как высокая автоматизация, низкий уровень шума и загрязнения окружающей среды имеет достаточно узкую сферу применения ввиду конструктивных особенностей. Наиболее перспективным является пневмотранспортирование, то есть такой процесс, в котором перемещение материала происходит из-за разницы давлений воздуха в начале и в конце транспортного трубопровода. Соответственно, такое транспортирование будет работать либо на избыточном давлении, либо на давлении разрежения. Преимущества такого способа – высокая автоматизация, герметичность, компактность, высокое качество транспортирования, низкие потери материала. Однако, вакуумное транспортирование – взрывобезопасно, поэтому является приоритетным способом. Несмотря на положительные моменты, пневмотранспорт обладает недостатками – высокий расход энергии и стоимость процесса, сложные системы фильтрации входящего в насос воздуха, низкая производительность в следствие неэффективных режимов движения материала. На ликвидацию данных недостатков и должны быть направлены исследования этой темы.

Ключевые слова: транспортирование, пневмотранспорт, вакуумное транспортирование, жидкостнокольцевой вакуумный насос.

Для цитирования: Рыбин Г.В., Блохин М.С., Назаров В.Н., Талыков В.А. Перспективные направления развития пневмотранспорта в агропромышленном комплексе // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 61–67.

Promising directions for the development of pneumatic transport in the agro-industrial complex

Rybin G.V., Blokhin M.S., Nazarov V.N., Talykov V.A.

Abstract. The active development of the agro-industrial complex of the Russian Federation implies a significant increase in the volume of production, and consequently, the amount of fertilizers for plants, animal feed, other production materials, the finished product, as well as the area of enterprises increases. In this regard, it is important to research, improve and implement installations for material transportation into real production. Meanwhile, the agriculture and processing industry of our country is facing the problem of serious import dependence, since most of the technologies and equipment (including for transportation) are provided by foreign

manufacturers. Therefore, there is an urgent need for domestic developments in this area. Also an important issue for research is the automated transport of liquids, which is increasingly being used. At the moment, the most common are low-mechanized, conveyor and pneumatic methods of transportation. The low-mechanized method of transportation involves the presence of loading and transport machines that produce a lot of noise, pollute the surrounding air with fuel combustion products and have a low level of automation. However, this method is relatively simple and cheap, and there are materials that cannot be transported by other means. The conveyor method, despite such advantages as high automation, low noise and environmental pollution, has a rather narrow scope due to its design features. The most promising is pneumatic conveying, that is, a process in which the movement of material occurs due to the difference in air pressure at the beginning and at the end of the transport pipeline. Accordingly, such transportation will operate either at overpressure or underpressure. The advantages of this method are high automation, tightness, compactness, high quality of transportation, low material losses. However, vacuum transportation is explosion-proof, therefore it is a priority method. Despite the positive aspects, pneumatic transport has disadvantages - high energy consumption and the cost of the process, complex filtering systems for the air entering the pump, low productivity due to inefficient material movement modes. Research on this topic should be aimed at eliminating these shortcomings.

Keywords: transportation, pneumatic transport, vacuum transport, liquid ring vacuum pump.

For citation: Rybin G.V., Blokhin M.S., Nazarov V.N., Talykov V.A. Promising directions for the development of pneumatic transport in the agro-industrial complex. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 61–67. (In Russ.).

Введение

С каждым годом агропромышленный комплекс (АПК) нашей страны активно развивается. Неуклонно растёт количество производимой продукции [1] и, соответственно, количество задействованного оборудования. Также увеличивается площадь сельскохозяйственных предприятий [2-3]. Соответственно возрастают потребности предприятий АПК в технологиях и оборудовании для переработки продукции, а также её транспортирования. Этот факт, а также наличие санкционных ограничений остро ставят задачу разработки отечественных сельскохозяйственных технологий и оборудования, которые были бы высокоэффективны, рентабельны и при этом не зависимы от зарубежных поставщиков.

Объекты и методы исследований

Исследованием пневмотранспортных систем занимались такие учёные как Е.С. Фролов, И.А. Райзман, И.З. Аширов, Ю.М. Плаксин, Б.Л. Вишня, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов, П.С. Платинин [4-7].

Обзор существующих технологий проводился на основании общеизвестных сведений и информации, полученной из открытых источников в сети Интернет [12].

Результаты

Отдельным и очень значимым вопросом яв-

ляется транспортирование жидкостей. Например, для молока критически важно не контактировать с воздухом, поскольку оно очень хорошо впитывает запахи, что значительно снижает качество готового продукта [8]. Однако, на данный момент, в большинстве случаев если организацией используется отечественное оборудование для транспортирования – то это устаревшие комплексы, отличающиеся низкой эффективностью, высоким энергопотреблением и большими потерями материала. Современное же оборудование представлено в основном зарубежными компаниями.

Транспортные установки должны отвечать следующим требованиям:

- Высокая скорость транспортирования;
- Высокий уровень автоматизации;
- Низкие затраты энергии;
- Низкие уровни потери, порчи и загрязнения материала;
- Безопасность процесса;
- Гигиеничность процесса для рабочих.

Обсуждение

Наибольшее распространение получили маломеханизированные, конвейерные и воздушные системы транспортирования.

При маломеханизированном способе сырьё или продукт перемещается тракторами-погрузчиками, небольшими грузовыми машинами и другими вспомогательными устройствами, которые требуют постоянного управления людьми. Так, например,

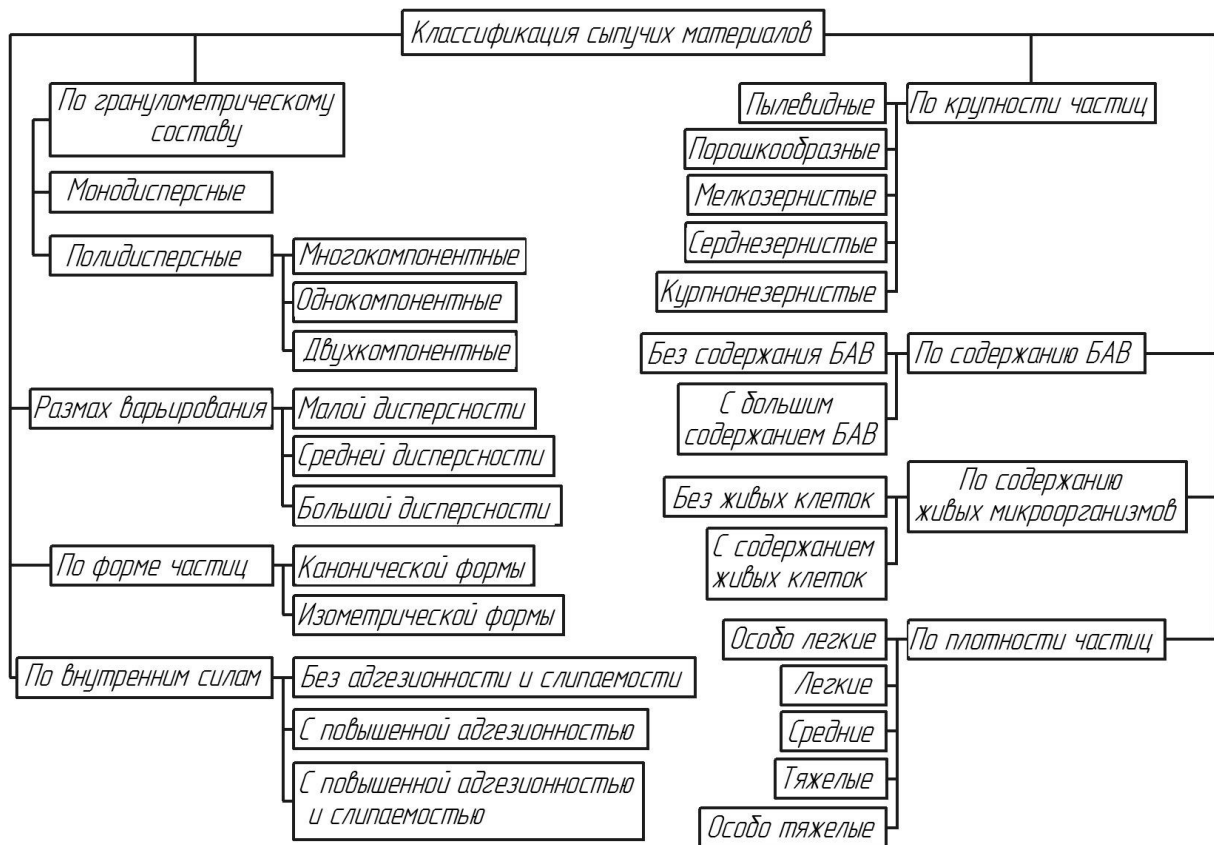


Рис. 1. Схема классификации сыпучих растительных материалов

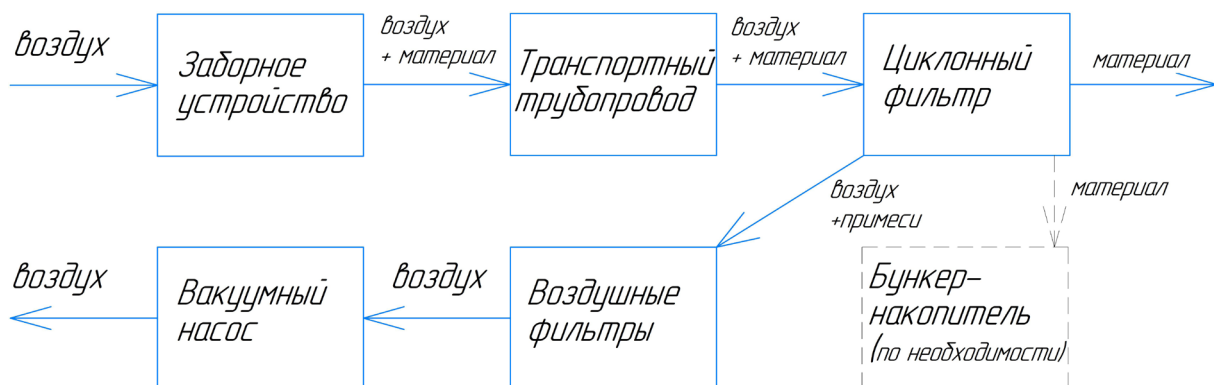


Рис. 2. Блок-схема стандартной вакуумной пневмотранспортной системы

перемещается растительное сырьё из буртов на сортировку или на склады. Данный способ имеет большое количество недостатков, таких как большие затраты топлива и энергии, большие потери и загрязнение материала, необходимость наличия большого количества рабочих, низкая гигиеничность процесса.

Конвейерный способ транспортирования, хотя и обладает высокой автоматизацией и сравнительно низкими затратами на энергию и оборудование является весьма узкоспециализированным. В основном он применяется на предприятиях вторичной переработки, когда для производства нужно равномерное и постоянное движение перемещаемого материала, а также в составе некоторых машин и комплексов - например, норы перемещающие зерно в сушильных агрегатах. Конвейерные установки также отличаются низкой гигиеничностью процесса, в

следствие контактирования материала с окружающей средой, низкой скоростью перемещения и, при несоответствии конструкции транспортера материалу, также могут возникать значительные потери.

Решить многие из озвученных проблем могут системы пневмотранспортирования, то есть системы, которые используют воздух для перемещения материала. В таких системах материал не контактирует с окружающей средой. Они могут быть компактны, эффективны и высокоавтоматизированны. Имеют достаточно широкую область применения.

Общими недостатками пневмотранспортных установок являются высокий удельный расход энергии на единицу массы перемещаемого материала, износ внутренней поверхности материалопровода, сложность транспортирования влажного и обладающего повышенной слипаемостью и комкованием

Таблица 1 – Геометрические параметры ЖВН КМ типоразмерного ряда

Быстрота действия S , [м ³ /ч]	Малая			Средняя			Большая			Особо большая		
Типоразмер Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Радиус рабочего колеса r , мм	45	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480
Радиус корпуса R , мм	54	96	144	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Эксцентриситет e , мм	9	16	24	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Число лопаток на рабочем колесе Z_1	7	12	12	15	15	20	20	25	25	30	30	35
Число лопаток на корпусе Z_2	6	10	10	12	12	16	16	20	20	24	24	28
Передаточное отношение U_{12}	0,875	0,83(3)	0,83(3)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Относительный эксцентриситет ε	0,16(6)	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

сыпучего материала, многостадийная очистка воздуха при выходе из транспортных магистралей.

Принципиально установки пневматического перемещения материала делятся на системы, использующие избыточное давление, и системы, использующие разрежение. На данный момент наибольшее распространение получило транспортирование избыточным давлением, однако оно имеет ряд недостатков. Например, при транспортировании порошкообразного материала избыточное давление воздуха является опасным и может спровоцировать взрыв. Также немаловажным является вопрос пневмотранспортирования жидкостей, реализовать которое при помощи избыточного давления весьма сложно.

Таким образом наиболее перспективным объектом исследований является вакуумный пневмотранспорт. Он обладает такими преимуществами как возможность перемещения материала по сложным траекториям магистральных транспортных трасс, автоматизация технологического процесса, создание высоких санитарно-гигиеничных и безопасных условий труда, возможность транспортировать материалы из нескольких мест одновременно, снижение повреждения транспортируемого материала, сохранение товарного вида и биологически активных веществ, герметичность и взрывобезопасность системы. Недостатком вакуумного транспорта в настоящее время является высокий удельный расход электроэнергии на единицу массы перемещаемого материала и отсутствие оптимальных режимов транспортирования для других видов материалов и поэтому создание высокоэффективных вакуумных транспортных установок внесет вклад в развитие АПК.

Стандартная система вакуумного пневмо-

транспорта состоит из следующих элементов (рисунки 2):

- заборное устройство, обычно представленное в виде бункера, питателя дозатора, заборного сопла, которое вставляется в бурт материала;
- Транспортный трубопровод;
- Циклонный фильтр, отделяющий материал от потока воздуха. По необходимости после него располагают бункер-накопитель;
- Устройства фильтрации воздуха от пыли и посторонних примесей (пылеуловители и фильтры);
- Вакуумный насос.

Значительное влияние на производительность транспортирования оказывает режим перемещения материала в трубопроводе. В зависимости от скорости воздуха, характеристик перемещаемого материала и трубопровода, а также количества подаваемого материала в единицу времени движение сырья может осуществляться на следующих режимах

- перемещение во взвешенном состоянии;
- перемещение в осажённом состоянии;
- перемещение с осадками и дюнами;
- перемещение сплошным потоком;
- перемещение поршнями.

Согласно исследованиям [9-10] наибольшая производительность достигается на движении сплошным потоком и поршнями.

В качестве машины, организующей вакуум наиболее применимыми, являются жидкостнокольцевые вакуумные насосы. Помимо основных преимуществ – простота и надёжность конструкции, низкий уровень вибраций и шума, такие насосы могут откачивать воздух, содержащий посторонние примеси, пары и капельную жидкость. Это позволяет исключить из технологической схемы сложное дополнительное

оборудование для фильтрации входящего в насос воздуха. Жидкостнокольцевые насосы бывают одноступенчатые и двухступенчатые. Также, для снижения затрачиваемой на процесс вакуумирования мощности применяют кинематическое замыкание рабочего колеса и вращающего корпуса и регулируемое нагнетательное окно. Вакуумные насосы подбираются исходя из требуемой скорости действия насоса (производительности) по таблице 1.

Для насосов большой и особо большой скорости действия целесообразным является передавать вращение от электродвигателя на вращающийся корпус, а не на рабочее колесо как это делается для насосов меньшей производительности [11].

Таким образом на основании вышеизложенного можно определить следующие перспективные направления исследований в области вакуумного пневмотранспорта:

- уточнение методик аналитического расчёта технологических параметров;
- усовершенствование конструкций устройств забора материала;
- определение оптимальных режимов перемещения материала;

Литература

- [1] Сельское хозяйство в России. 2021: Стат.сб./ Росстат. С 29 М., 2021. – 100 с.
- [2] Васютина, Е. М. Исследование состояния и динамики основного капитала предприятий АПК / Е. М. Васютина // Международный научный студенческий журнал. 2018. № 6. С. 103-107. EDN MPWAVR.
- [3] Миронкина, А. Ю. Прогнозирование динамики спроса на продукцию АПК / А. Ю. Миронкина, А. А. Михеев // Проблемы и перспективы развития АПК и сельских территорий : сборник материалов международной научной конференции, Смоленск, 28 апреля 2022 года. Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2022. С. 168-172. EDN QBLHBJ.
- [4] Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю.М. Плаксин, Н.Н. Малахов, В.А. Ларин. М.: Колос, 2009. 760 с.
- [5] Вишня, Б.Л. «Пневмотранспорт. Расчёты, схемы, оборудование» / Б.Л. Вишня, Б.С. Дроздов, В.Т. Стефаненко Изд-во «Сократ», Екатеринбург, 2010 г. 31 с.
- [6] Техничко-экономическое обоснование применения жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым нагнетательным окном при транспортировании сыпучих растительных материалов / Ю. В. Родионов, П. С. Платицин, Е. С. Вдовина, Д. А. Чернецов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового

- усовершенствование конструкции вакуумных насосов;
- особенности пневмотранспортирования жидкостей;
- снижение затрачиваемой мощности и стоимости установки.

Выводы

В статье рассмотрены основные виды транспортирования материалов на предприятиях АПК. Перечислены основные преимущества и недостатки представленных способов. Сформулированы требования, предъявляемые к транспортным системам. Обоснована необходимость использования вакуумных пневмотранспортных систем и актуальность исследований в данной сфере. Приведены сведения о жидкостнокольцевых вакуумных насосах и их основные преимущества, делающие их наиболее применимыми для вакуум-транспортной технологии. Сформулированы перспективные направления исследований в данной области.

References

- [1] Agriculture in Russia. 2021: Stat.sb./Rosstat. Since 29 M., 2021. - 100 p.
- [2] Vasyutina, E. M. Study of the state and dynamics of the fixed capital of agricultural enterprises / E. M. Vasyutina // International scientific student journal. 2018. No. 6. P. 103-107. EDN MPWAVR.
- [3] Mironkina, A. Yu. Forecasting the dynamics of demand for agricultural products / A. Yu. Mironkina, A. A. Mikhayev // Problems and prospects for the development of the agro-industrial complex and rural areas: collection of materials of the international scientific conference, Smolensk, April 28, 2022. Smolensk: Smolensk State Agricultural Academy, 2022, pp. 168-172. EDN QBLHBJ.
- [4] Plaksin Yu.M. Processes and apparatuses for food production / Yu.M. Plaksin, N.N. Malakhov, V.A. Larin. M.: Kolos, 2009. 760 p.
- [5] Cherry, B.L. «Pneumotransport. Calculations, schemes, equipment» / B.L. Cherry, B.S. Drozdov, V.T. Stefanenko Publishing house «Socrates», Yekaterinburg, 2010. 31 p.
- [6] Rodionov Yu. V., Platitsin P. S., Vdovina E. S., Chernetsov D. A. Feasibility study for the use of a liquid ring vacuum pump with an automatic adjustable discharge window for the transportation of bulk plant materials // Food Technologies and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2017. No. 1(15). pp. 92-99. EDN YKSHRH.
- [7] Kartashov, O. A. Improving the efficiency of transportation of bulk plant materials / O. A. Kartashov,

- питания. 2017. № 1(15). С. 92-99. EDN YKSXRH.
- [7] Карташов, О. А. Повышение эффективности транспортирования сыпучих растительных материалов / О. А. Карташов, П. С. Платицин, Ю. В. Родионов // Агротехнологические процессы в рамках импортозамещения: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы РФ, доктора с.-х. наук, профессора Ю.Г. Скрипникова, Мичуринск, 25–27 октября 2016 года. Мичуринск: Общество с ограниченной ответственностью «БИС», 2016. С. 292-295. EDN YACJPF.
- [8] Князев, Н. Н. Факторы, влияющие на вкус молока / Н. Н. Князев, Л. В. Онуц // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: сборник научных тезисов студентов, Иркутск, 29 октября 2021 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. С. 100-101. EDN CJNINQ.
- [9] Повышение эффективности механизации транспортирования сухих сыпучих растительных материалов / Ю. В. Родионов, В. П. Капустин, А. В. Кобелев [и др.] // Инновационная техника и технология. 2017. № 1(10). С. 9-15. EDN YIOSSH.
- [10] Особенности расчета технологии вакуумного транспортирования сухих сыпучих растительных материалов в режиме сплошного слоя / П. С. Платицин, Ю. В. Родионов, В. П. Капустин, Д. В. Никитин // Наука в центральной России. 2016. № 6(24). С. 54-65. EDN XDGQOR.
- [11] Анализ расчёта привода комбинированной конструкции одноступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса / Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов, Г. В. Рыбин [и др.] // Наука в центральной России. 2022. № 2(56). С. 60-69. DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-60-69. EDN PSWIPX.
- [12] Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции /А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков и др. Под ред. А.А. Курочкина. М.: КолосС, 2006. – 424 с. EDN:RCJTDT.
- P. S. Platitsin, Yu. anniversary of the birth of the Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences. Sciences, Professor Yu.G.Skripnikova, Michurinsk, October 25–27, 2016. Michurinsk: Limited Liability Company «BIS», 2016. P. 292-295. EDN YACJPF.
- [8] Knyazev, N. N. Factors affecting the taste of milk / N. N. Knyazev, L. V. Onuts // The importance of scientific student circles in the innovative development of the agro-industrial complex of the region: a collection of students' scientific abstracts, Irkutsk, October 29, 2021 . - Molodezhny settlement: Irkutsk State Agrarian University. A.A. Yezhevsky, 2021. S. 100-101. EDN CJNINQ.
- [9] Rodionov Yu. V., Kapustin V. P., Koblelev A. V. [et al.] Improving the efficiency of mechanization of transportation of dry bulk plant materials // Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. 2017. No. 1(10). pp. 9-15. EDN YIOSSH.
- [10] Platitsin P. S., Rodionov Yu. V., Kapustin V. P., Nikitin D. V. Features of calculating the technology of vacuum transportation of dry bulk plant materials in the continuous layer mode // Science in Central Russia. 2016. No. 6(24). pp. 54-65. EDN XDGQOR.
- [11] Nikitin D. V., Rodionov Yu. V., Rybin G. V. [et al.] Analysis of the calculation of the drive of a combined design of a single-stage liquid ring vacuum pump // Nauka in Central Russia. 2022. No. 2(56). pp. 60-69. DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-60-69. EDN PSWIPX.
- [12] Diplomnoe proektirovanie po mehanizacii pererabotki sel'skhozajstvennoj produkcii /А.А. Kurochkin, I.A. Spicyn, V.M. Zimnjakov i dr. Pod red. A.A. Kurochkina. M.: KolosS, 2006. – 424 p. EDN: RCJTDT.

Сведения об авторах

Information about the authors

Рыбин Георгий Вячеславович магистрант «Агроинженерия» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com	Rybin Georgy Vyacheslavovich undergraduate «Agroengineering» Tambov State Technical University Phone: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com
Блохин Михаил Сергеевич аспирант кафедры «Технологии продуктов питания и товароведения» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101 Тел.: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com	Blokhin Mikhail Sergeevich postgraduate at the department of Technology of food products and merchandising Michurinsky State Agrarian University Phone: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com
Назаров Виктор Николаевич кандидат технических наук доцент кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(910) 754-91-17 E-mail: nazvic@yandex.ru	Nazarov Viktor Nikolaevich Candidate of Technical Sciences associate professor at the department of Information processes and management Tambov State Technical University Phone: +7(910) 754-91-17 E-mail: nazvic@yandex.ru
Талыков Валерий Александрович директор Тамбовский филиал ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ» 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д.130, № 3 Тел.: +7(475) 272-00-35 E-mail: vtalykov@gmail.com	Talykov Valery Alexandrovich director Tambov branch of Michurinsky State Agrarian University Tambov branch of Michurinsky State Agrarian University Phone: +7(475) 272-00-35 E-mail: vtalykov@gmail.com

Основные направления проектирования усовершенствованных энергоэффективных жидкостнокольцевых вакуумных насосов в АПК

Сычёв М.В., Рыбин Г.В.

Аннотация. Вакуумные технологии нашли широкое применение в технологически процессах агропромышленного комплекса. Например, активно развиваются системы пневмотранспортирования, работающие на давлении разрежения. Они подходят как для перемещения сухих сыпучих материалов, так и для перемещения жидкостей (молока, растворов для промывки оборудования, жидких удобрений и др.). Также применение вакуума является хорошим способом интенсификации процессов переработки, таких как сушка, экстрагирование, выпаривание и др. Под вакуумом происходит низкотемпературное кипение жидкости, что позволяет производить процессы быстро и сохраняя максимальное количество биологически активных веществ. Среди машин, организующих вакуум, одними из наиболее перспективных для исследований являются жидкостнокольцевые вакуумные насосы. Они простые и надёжные в эксплуатации, обладают низким уровнем шума и вибраций и способны откачивать воздух, содержащий пары, капельную жидкость и твёрдые включения. Однако, существуют недостатки – низкая глубина вакуума, низкий КПД в следствие необходимости затрачивать большое количество мощности на вращение жидкостного кольца и др. Минимизировать данные проблемы можно за счёт внедрения в конструкцию регулирования проходного сечения нагнетательного окна и вращающегося корпуса насоса, который будет кинематически замыкаться с рабочим колесом. При проектировании ЖВН в первую очередь определяют необходимое количество рабочих ступеней исходя из заданных технологических параметров процесса, для которого насос применяется. Затем производят эскизное проектирование, определяют принципиальную схему и разрабатывают основную геометрию участвующих компонентов с учётом существующих ограничений. Перспективами направлениями исследований в этой области являются усовершенствование существующих конструкций, а также внедрение предложенных конструктивных решений в конструкцию двухступенчатых насосов.

Ключевые слова: жидкостнокольцевой вакуумный насос, комбинированный, одноступенчатый, двухступенчатый, кинематическое замыкание, регулируемое нагнетательное окно.

Для цитирования: Сычёв М.В., Рыбин Г.В. Основные направления проектирования усовершенствованных энергоэффективных жидкостнокольцевых вакуумных насосов в АПК // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 68–73.

The main directions of designing improved energy-efficient liquid ring vacuum pumps in the agro-industrial complex

Sychev M.V., Rybin G.V.

Abstract. Vacuum technologies have found wide application in the technological processes of the agro-industrial complex. For example, pneumatic conveying systems operating on vacuum pressure are actively developing. They are suitable both for handling dry bulk materials and for handling liquids (milk, equipment flushing solutions, liquid fertilizers, etc.). Also, the use of vacuum is a good way to intensify processing processes, such as drying, extraction, evaporation, etc. Low-temperature boiling of the liquid occurs under vacuum, which allows you to process quickly and retain the maximum amount of biologically active substances. Among machines that organize vacuum, liquid ring vacuum pumps are among the most promising for research. They are simple and reliable in operation, have a low level of noise and vibration and are capable of pumping air containing vapors, dropping liquid and solid inclusions. However, there are disadvantages - low vacuum depth, low efficiency due to the need to expend a large amount of power on the rotation of the liquid ring, etc. These problems can be minimized by introducing into the design the regulation of the flow section of the discharge window and the rotating pump housing, which will kinematically close with the working wheel. When designing a LHVN, first

of all, the required number of working stages is determined based on the given technological parameters of the process for which the pump is used. Then, a preliminary design is made, a schematic diagram is determined and the main geometry of the participating components is developed, taking into account the existing restrictions. Prospects for research in this area are the improvement of existing designs, as well as the introduction of the proposed design solutions in the design of two-stage pumps.

Keywords: liquid ring vacuum pump, combined, single-stage, two-stage, kinematic closure, adjustable discharge window.

For citation: Sychev M.V., Rybin G.V. The main directions of designing improved energy-efficient liquid ring vacuum pumps in the agro-industrial complex. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 68–73. (In Russ.).

Введение

Жидкостнокольцевые вакуумные насосы (ЖВН) широко применяются для различных технологических процессов механизации и переработки растительной продукции, в частности для вакуумного транспортирования сухих сыпучих материалов и жидкостей [1-2], вакуумной сушки плодовой, овощной и ягодной продукции [3-4], её же вакуумного экстрагирования и выпаривания [5-6], вакуумной экструзии пищевого сырья [12, 13, 14].

Технологической особенностью данного типа насосов является то, что рабочая ячейка в нём ограничивается рабочим колесом и жидкостным кольцом. В качестве рабочей жидкости может использоваться вода, спирт, тосол и другие химические вещества, которые позволяют насосу работать при широком диапазоне температур и использовать его как химический реактор.

Преимуществами ЖВН являются низкий уровень шума и вибраций, простота и надёжность конструкции, возможность откачивать воздух, содержащий пары, капельную жидкость и твёрдые примеси. Это позволяет при работе с процессами АПК исключить большую часть оборудования по фильтрации входящего в насос воздуха, которое необходимо другим насосам.

Существенными недостатками ЖВН, ограничивающими область их применения, и снижающими их конкурентоспособность являются недостаточное давление разрежения (глубина вакуума), низкий КПД, связанный с высокими потерями мощности на трение жидкостного кольца о неподвижный корпус насоса и узкий диапазон допустимых частот вращения рабочих колес, что значительно ограничивает возможные режимы работы насосов и приводит к дополнительным энергозатратам, связанным с неоптимальным режимом работы. Сложности, связанные со сборкой и регулировкой насосов, не позволяют проводить без существенных трудозатрат модификацию имеющихся экземпляров машин с целью изменения рабочих характери-

стик для соответствия различных технологических процессов.

Перечисленные недостатки позволяют сформулировать основные направления модернизации ЖВН: повышение КПД, снижение энергопотребления и повышение технологичности, включающее процесс изготовления, сборки и эксплуатации, расширение допустимого диапазона рабочих частот вращения рабочего колеса и реализацию возможности регулирования фаз газораспределения, создание двухступенчатых ЖВН.

Объекты и методы исследований

Исследованием жидкостнокольцевых вакуумных насосов занимались В.А. Наумов, Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин. Исследованием технологических процессов АПК, для которых применяются ЖВН, - А.С. Зорин, И.В. Иванова, Е.П. Иванова, В.М. Дмитриев, С.П. Рудобашта. При сборе информации о существующих конструкциях и технологических решениях использовались открытые источники в сети Интернет.

Результаты

В результате проведения анализа существующих конструкций и научно-исследовательских работ, связанных с жидкостнокольцевыми насосами в качестве основного решения, предназначенного для увеличения КПД, диапазона рабочих режимов и снижения количества потребляемой энергии применяются регулируемое нагнетательное окно (автоматически или в ручном режиме), независимо вращающийся корпус и кинематическое замыкание рабочего колеса и корпуса посредством эвольвентного зацепления лопаток.

Первым этапом при создании ЖВН является определение количества необходимых рабочих ступеней. Это будет зависеть от диапазона устойчивого вакуума, который задаётся для того или иного процесса. Так, например, при сушке, экстрагировании и выпаривании глубина вакуума будет зави-



Рис. 1. Двухступенчатый ЖВН

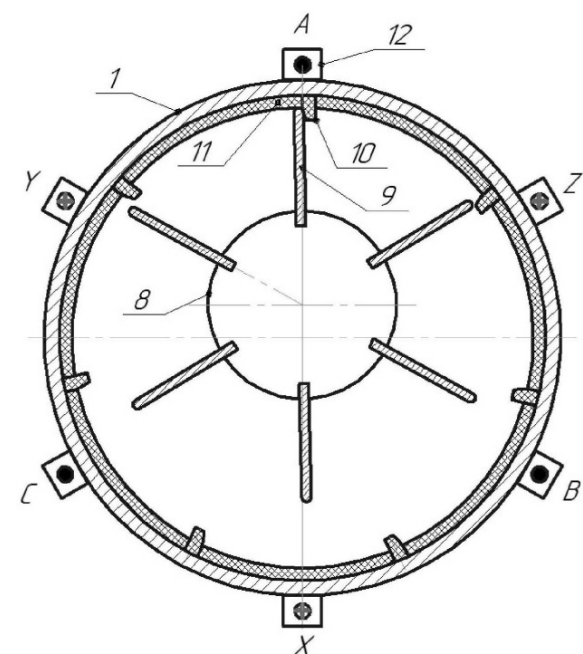


Рис. 2. Схема ЖВН с кинематическим замыканием

сеть от рабочей температуры процесса (давление разряжения должно быть достаточно высоким для кипения жидкости при заданной температуре), для пневмотранспортирования – от заданной скорости движения материала. Так при предельном давлении разряжения до 20 кПа применяем одноступенчатый ЖВН, при необходимости создания остаточного разряжения до 2 кПа – двухступенчатый ЖВН модульного типа.

Расширение диапазона возможных режимов работы связано с возможностью изменения производительности насосов в зависимости от конкретного технологического процесса или этапов отдельно взятого технологического процесса. Наиболее оптимальным решением, позволяющим выполнять регулирование производительности является изменения проходного сечения нагнетательного окна, позволяющая производить регулировку в том числе и непосредственно во время работы насоса.

После выбора конкретных технических решений необходимо провести эскизное проектирование. На данном этапе необходимо определить не-

посредственно принципиальную схему выбранных решений, разработать основную геометрию участвующих в ней компонентов, определить ограничения, которые накладываются на конструкцию и особые требования, которые необходимо учесть.

Применение вращающегося корпуса подразумевает установку внутри корпуса насоса тонкостенной полый втулки, имеющей на внутренней поверхности лопасти, образующие высшую кинематическую пару с лопатками рабочего колеса, и фактически представляющую собой эвольвентное зубчатое зацепление (рисунк 2) [7].

Передачу вращения кольцу жидкости для ЖВН малой и средней быстроты действия целесообразно осуществлять через рабочее колесо. Расчет эффективной мощности и быстроты действия (производительности) данной конструкции представлен в статье [8]. Для ЖВН большой и особо большой быстроты действия передача вращения осуществляется через вращающийся корпус, посредством специального привода [9].

Обсуждение

При проектировании конструкции с вращающимся корпусом, следует учитывать тот факт, что для достижения заявленных целей в плане энергопотребления втулка должна быть установлена на подшипниках, или она должна быть выполнена из материала, который обеспечил бы наилучшее скольжение втулки внутри корпуса. Внедрение втулки не должно влиять на конструкцию других компонентов изделия, должна обеспечиваться максимальная взаимозаменяемость деталей для данного насоса и машины с неподвижным корпусом.

Лопатки втулки будут взаимодействовать с лопатками рабочего колеса, и для них должен быть выполнен прочностной расчет на изгиб и ударные нагрузки в жидкой среде. Профиль лопаток вращающейся втулки при работе насоса не должен вступать в контакт с лопаткой рабочего колеса вне момента зацепления.

Для системы регулирования нагнетательного окна также справедливо требование технологичности, не допускающее влияние данной системы на форму и расположение других компонентов насоса. Расчет технических характеристик данной конструкции опубликован в статье [10]. Для соблюдения данного требования система должна полностью располагаться внутри стойки, содержащей всасывающее и нагнетательное окна и не выходить за их габариты. Управляющий механизм также не должен выходить за габариты изделия и контактировать с крепежными элементами насоса. Решение должно иметь компоновку, обеспечивающую наиболее простую сборку и регулировку системы. Регулируемое нагнетательное окно не должно иметь зазоров, допускающих утечку газа в нагнетательный трубопровод в закрытых областях.

Вращающаяся втулка обладает достаточно

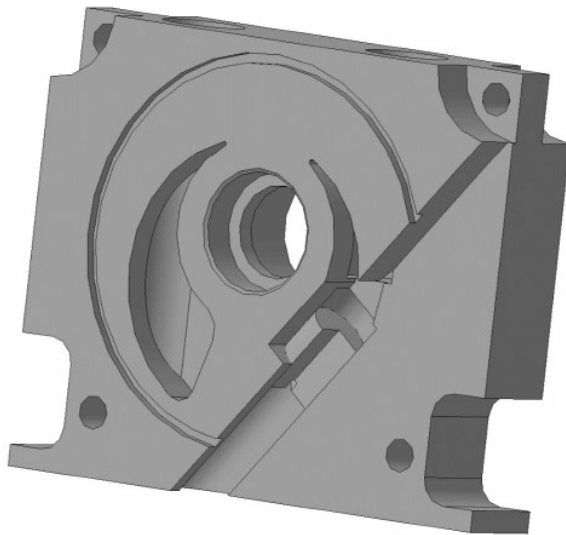


Рис. 3. Схема регулирования сечения

большим диаметром (от 90 мм). Габаритные размеры подшипников качения делают невозможным их монтаж без увеличения габаритов насоса и значительного изменения его конструкции. Применение подшипников скольжения затруднительно в связи с ограниченной номенклатурой представленных на рынке изделий, соответствующих по размерам основным типоразмерам насосов. Наиболее оптимальным решением является изготовление вращающейся втулки из сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Химические и физические свойства данного материала полностью удовлетворяют требованиям, предъявляемым к конструкции насоса.

Для регулирования сечения нагнетательного

окна в ФГБОУ ВО «ТГТУ» ранее было разработано решение на основе винтовой пары (рисунок 3).

Внутри стенок нагнетательного окна расположено отверстие с резьбой, в которое вкручивается винт, тем самым перекрывая часть сечения окна. Отверстие высверливается в нижней части стойки, под углом, приблизительно равным 45°. Длина отверстия позволяет при полностью открытом нагнетательном окне не выходить винту за габариты стойки.

Анализ теоретических и экспериментальных исследований позволил создать комбинированную конструкцию одноступенчатого ЖВН [11], объединяющую в себе регулируемое нагнетательное окно и кинематическое замыкание. Дальнейшим этапом проектирования вакуумного насосостроения является создание модифицированной конструкции двухступенчатого ЖВН.

Выводы

В статье рассмотрены общие принципы проектирования жидкостнокольцевых вакуумных насосов различной быстроты действия. Подобраны наиболее оптимальные решения для устранения основных недостатков ЖВН и их эскизная схема реализации. Сформулированные в настоящей работе идеи позволяют при проектировании конкретной модели ЖВН приступить непосредственно к техническому проектированию и проектному расчету машины.

Литература

- [1] Повышение эффективности механизации транспортирования сухих сыпучих растительных материалов / Ю. В. Родионов, В. П. Капустин, А. В. Кобелев [и др.] // Инновационная техника и технология. 2017. № 1(10). С. 9-15. EDN YIOSSH.
- [2] Техничко-экономическое обоснование применения жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым нагнетательным окном при транспортировании сыпучих растительных материалов / Ю. В. Родионов, П. С. Платицин, Е. С. Вдовина, Д. А. Чернецов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 1(15). С. 92-99. EDN YKSXRH.
- [3] Иванова, И. В. Двухступенчатая комбинированная сушка сельскохозяйственных продуктов / И. В. Иванова, Ю. В. Родионов // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 4. EDN GJEJBQ.
- [4] Кузьменко, С. Л. Особенности переработки

References

- [1] Rodionov Yu. V., Kapustin V. P., Kobelev A. V. [et al.] Improving the efficiency of mechanization of transportation of dry bulk plant materials // Innovatsionnaya tekhnologiya i tekhnologiya. 2017. No. 1(10). pp. 9-15. EDN YIOSSH.
- [2] Rodionov Yu. V., Platitsin P. S., Vdovina E. S., Chernetsov D. A. Feasibility study for the use of a liquid ring vacuum pump with an automatic adjustable discharge window for the transportation of bulk plant materials // Food Technologies and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2017. No. 1(15). pp. 92-99. EDN YKSXRH.
- [3] Ivanova, I. V. Two-stage combined drying of agricultural products / I. V. Ivanova, Yu. V. Rodionov // Science and Education. 2021. Vol. 4. No. 4. EDN GJEJBQ.
- [4] Kuzmenko, S. L. Processing features of purple stonecrop (sedumpurpleuml.) for use in the production of functional drinks / S. L. Kuzmenko, S. I. Danilin, Yu. -practical conference, Michurinsk, November 21–23, 2018 / General. ed. V.A. Babushkin. - Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University, 2018. P. 173-177. EDN YYGNKP.

- очитка пурпурного (sedumpurpleuml.) для использования в производстве функциональных напитков / С. Л. Кузьменко, С. И. Данилин, Ю. В. Родионов // Инновационные технологии в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, Мичуринск, 21–23 ноября 2018 года / Общ. ред. В.А. Бабушкин. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2018. С. 173-177. EDN YYGNKP.
- [5] Исследование экстрагирования биологически активных веществ из дайкона сорта «Хару» / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, А. А. Гуськов, А. В. Щегольков // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и тепловые процессы) СЭТТ - 2020: Сборник научных трудов Седьмой Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения Академика А.В. Лыкова, Москва, 13–15 октября 2020 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Мегapolis», 2020. С. 192-196. EDN ROKBDU.
- [6] Гуськов, А. А. Получение экстрактов из растительного сырья с помощью вакуумно-импульсных технологий / А. А. Гуськов, С. А. Анохин, Ю. В. Родионов // Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: материалы I Всероссийской конференции с международным участием, Тамбов, 24–25 мая 2019 года. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2019. С. 439-443. EDN GLBACY.
- [7] Патент № 2763233 C1 Российская Федерация, МПК F04C 7/00, F04C 19/00. Жидкостно-кольцевая машина : № 2021111225 : заявл. 20.04.2021 : опубл. 28.12.2021 / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, А. В. Щегольков [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет». EDN JTTEIM.
- [8] Novel Construction of Liquid Ring Vacuum Pumps / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2019. Vol. 55. No 5-6. P. 473-479. DOI 10.1007/s10556-019-00648-z. EDN QSCFXF.
- [9] Анализ расчёта привода комбинированной конструкции одноступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса / Д. В. Никитин, Ю. В. Родионов, Г. В. Рыбин [и др.] // Наука в центральной России. 2022. № 2(56). С. 60-69. DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-60-69. EDN PSWIPX.
- [10] Design of Liquid-Ring Vacuum Pump with Adjustable Degree of Internal Compression / Y. V. Rodionov Yu. V., Nikitin D. V., Guskov A. A., Shchegolkov A. V. Study of the extraction of biologically active substances from Haru daikon // Modern energy-saving thermal technologies (drying and thermal processes) SETT - 2020: Collection of scientific papers of the Seventh International Scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Academician A.V.Lykova, Moscow, October 13–15, 2020. Moscow: Megapolis Limited Liability Company, 2020, pp. 192-196. EDN ROKBDU.
- [6] Guskov, A. A. Obtaining extracts from plant raw materials using vacuum-pulse technologies / A. A. Guskov, S. A. Anokhin, Yu. V. Rodionov // Import-substituting technologies and equipment for deep complex processing of agricultural raw materials: materials of the I All-Russian Conference with international participation, Tambov, May 24–25, 2019. Tambov: Tambov State Technical University, 2019, pp. 439-443. EDN GLBACY.
- [7] Patent No. 2763233 C1 Russian Federation, IPC F04C 7/00, F04C 19/00. Liquid ring machine : No. 2021111225 : Appl. 04/20/2021 : publ. December 28, 2021 / Yu. V. Rodionov, D. V. Nikitin, A. V. Shchegolkov [and others]; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State Technical University». EDN JTTEIM.
- [8] Novel Construction of Liquid Ring Vacuum Pumps / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2019 Vol. 55. No 5-6. P. 473-479. DOI 10.1007/s10556-019-00648-z. EDN QSCFXF. Nikitin D.V., Rodionov Yu.V., Rybin G.V. [et al.]
- [9] Analysis of the calculation of the drive of a combined design of a single-stage liquid ring vacuum pump // Nauka in Central Russia. 2022. No. 2(56). pp. 60-69. DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-60-69. EDN PSWIPX.
- [10] Design of Liquid-Ring Vacuum Pump with Adjustable Degree of Internal Compression / Y. V. Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2021 Vol. 57. No 5-6. P. 477-483. DOI 10.1007/s10556-021-00962-5. EDN IEAPJM.
- [11] Rodionov Yu. V., Nikitin D. V., Zorin A. S., Rybin G. V. Combined design of a liquid-ring vacuum pump for technological processes of the agro-industrial complex // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University. P.A. Kostychev. 2022. V. 14. No. 2. S. 166-176. DOI 10.36508/RSATU.2022.54.2.020. EDN FDKNBB.
- [12] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4 (45). - pp. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [13] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva

- Rodionov, Y. T. Selivanov, D. V. Nikitin [et al.] // Chemical and Petroleum Engineering. 2021. Vol. 57. No 5-6. P. 477-483. DOI 10.1007/s10556-021-00962-5. EDN IEAPJM.
- [11] Комбинированная конструкция жидкостно-кольцевого вакуумного насоса для технологических процессов АПК / Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин, А. С. Зорин, Г. В. Рыбин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 2. С. 166-176. DOI 10.36508/RSATU.2022.54.2.020. EDN FDKNBV.
- [12] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 157-163. – EDN ZTIERL.
- [13] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 2(51). – С. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- [14] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного суслу с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6(22). – С. 103-109. – EDN TKJLIH.
- Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - pp. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- [14] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, D. I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. - 2014. - No. 6(22). - pp. 103-109. – EDN TKJLIH.

Сведения об авторах

Information about the authors

Сычёв Михаил Владимирович ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 E-mail: enot1237@gmail.com	Sychev Mikhail Vladimirovich Tambov State Technical University E-mail: enot1237@gmail.com
Рыбин Георгий Вячеславович магистрант «Агроинженерия» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com	Rybin Georgy Vyacheslavovich undergraduate «Agroengineering» Tambov State Technical University Phone: +7(953) 122-01-46 E-mail: enot1237@gmail.com

Классификация кремовалок (декристаллизаторов) меда

Ульянов В.М., Утолин В.В., Лузгин Н.Е., Власов К.А.

Аннотация. В настоящее время на рынке пчеловодческой продукции становится все более популярным такой продукт, как крем-мед. Он представляет собой пастообразную массу, иногда по консистенции близкую к мягкому сливочному маслу, полученную путем нагрева до определенной температуры и длительного смешивания закристаллизованного меда. Для получения данного продукта применяют различного рода машины, отличные друг от друга по типу привода, передачи крутящего момента, расположению корпуса, типу нагревательного элемента, периодичностью действия, типом рабочих органов и ряду других. В данной статье предпринята попытка составить классификацию подобных машин.

Ключевые слова: кремовалка, декристаллизатор, крем-мед, привод, смеситель.

Для цитирования: Ульянов В.М., Утолин В.В., Лузгин Н.Е., Власов К.А. Классификация кремовалок (декристаллизаторов) меда // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 74–83.

Classification of honey creamers (decrystallizers)

Ulyanov V.M., Utolin V.V., Luzgin N.E., Vlasov K.A.

Abstract. Currently, such a product as cream-honey is becoming more and more popular in the market of beekeeping products. It is a paste-like mass, sometimes similar in consistency to soft butter, obtained by heating to a certain temperature and prolonged mixing of crystallized honey. To obtain this product, various kinds of machines are used that differ from each other in the type of drive, torque transmission, housing location, type of heating element, frequency of action and type of working bodies. This article attempts to make a classification of such machines.

Keywords: creamer, decrystallizer, cream honey, drive, mixer.

For citation: Ulyanov V.M., Utolin V.V., Luzgin N.E., Vlasov K.A. Classification of honey creamers (decrystallizers). Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 74–83. (In Russ.).

Введение

Пчеловодство может быть очень прибыльным делом, если грамотно подойти ко всем аспектам ведения бизнеса. Потребуется хороший бизнес-план, трудолюбие, навыки работы с сырьем и знание специфики процесса. Конечно, необходимо также приобрести или арендовать спецтехнику и инструменты.

В настоящее время очень популярным среди потребителей стал такой продукт пчеловодства, как крем-мёд [1, 2].

Крем-мёд – это пищевой продукт, получаемый в процессе длительного перемешивания натурального мёда, в результате которого предотвращается кристаллизация мёда, или, как чаще говорят, засахаривание [3, 4, 5, 6].

Крем-мёд – это пластичная масса, пастообраз-

ная по консистенции. Основная исполнительная машина при приготовлении крем-меда – смеситель. Изучением процесса смешивания занимались такие ученые, как Утолин В.В., Ульянов В.М., Лузгин Н.Е. [7,8,9,10,11,12,13,14]. В процессе длительного перемешивания, или взбивания, сахара, которых в мёде до 80 процентов, разбиваются на мелкие кристаллы, которые в дальнейшем не могут превратиться в крупные. Перемешивание медовой массы происходит с соблюдением определенного температурного режима, а также времени цикла включения и выключения рабочих органов [15]. Таким образом кремирование мёда исключает его кристаллизацию.

Крем-мёд был изобретён профессором Элтоном Дж. Дайсом и запатентован в США в 1935 году [16].

Для получения качественного крем-мёда пригодится такой инструмент, как кремовалка. Это обо-

рудование помогает гомогенизировать пчелиный продукт и изменить его агрегатное состояние.

Однако на настоящий момент отсутствует более-менее установившаяся классификация машин подобного рода.

У современных кремовалок много входных характеристик, и для того, чтобы понять, какая именно установка нужна для создания крем-мёда, мы создали классификацию (рисунок 1), в которой есть краткое описание принципа действия разных видов кремовалок.

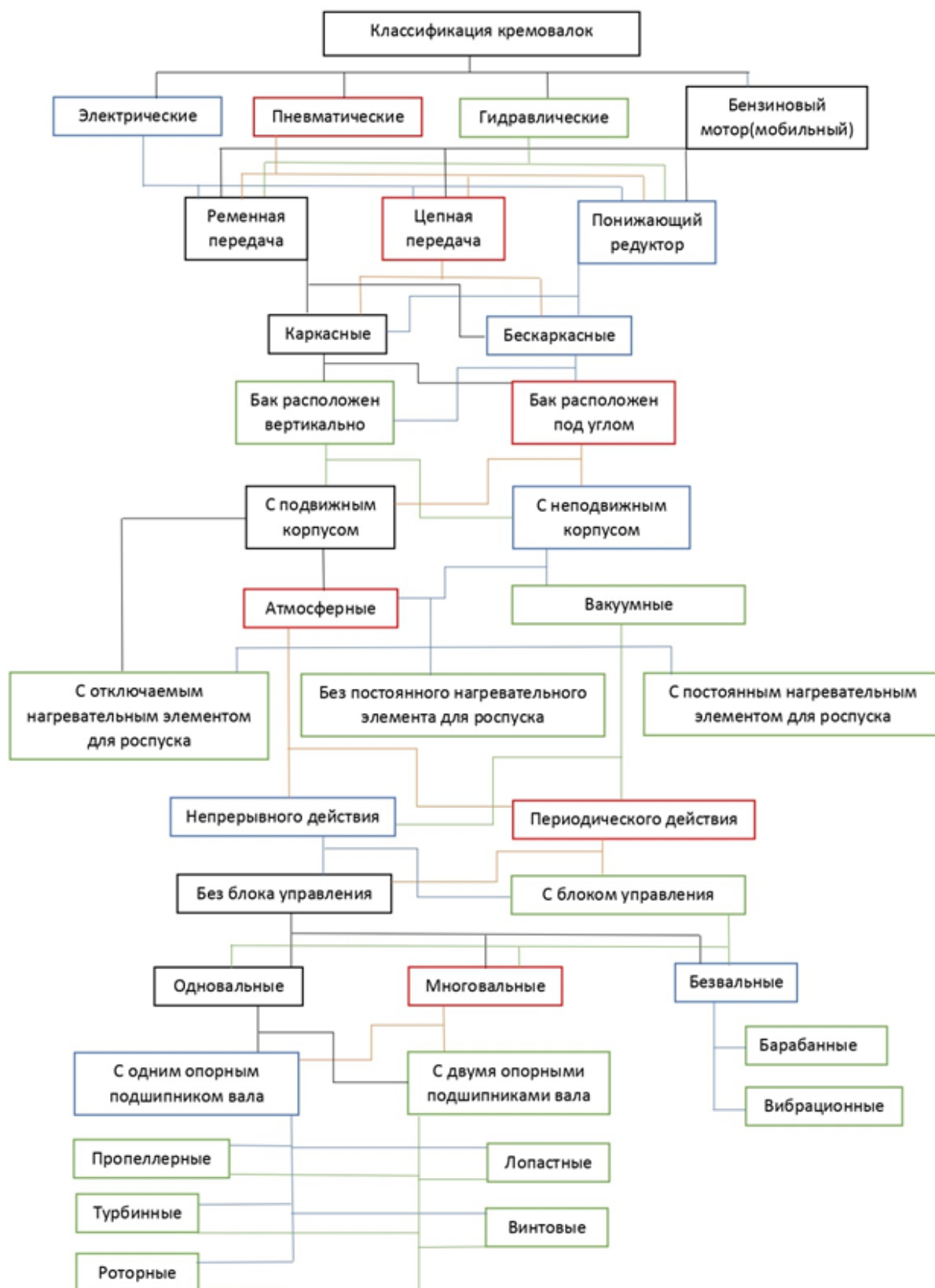


Рис.1. Классификация кремовалок (декристаллизаторов) меда

Результаты и их обсуждение

Кремовалка – это установка с универсальной системой и модульной конструкцией, большим выбором опций, которые помогают получить как маленькие, так и большие объемы сырья, применять добавки.

Начнём с одного из главных узлов кремовалки, который выполняет основную часть работы. Это двигатель. На кремовальную установку можно поставить четыре вида двигателя:

1. Электродвигатель - преобразует электрическую энергию в механическую. Используется чаще всего из-за компактности и доступной цены. Он обладает высоким коэффициентом полезного действия (90-95%), недорогой в обслуживании и ремонте и не имеет выбросов вредных продуктов в атмосферу.

2. Пневмодвигатель (пневмомотор) - энергосиловая машина, преобразующая энергию сжатого воздуха в механическую работу. Для его работы требуется дополнительное оборудование в виде пневмокомпрессора. Пневмотор занимает меньше места, чем соответствующий ему по основным параметрам электродвигатель. Пневмодвигатели без проблем выдерживают высокую температуру, сильную вибрацию, удары и другие внешние воздействия.

3. Гидромотор — объёмный гидродвигатель с неограниченным поворотным движением своего выходного звена. Он также требует дополнительное оборудование. Для гидромотора не представляют опасности частые включения-выключения, остановки и реверс. Диапазон регулирования частоты вращения гидромотора существенно шире: например, он может составлять от 2500 об/мин до 30-40 об/мин, а в некоторых случаях, у гидромоторов специального исполнения, доходит до 1-4 об/мин и меньше.

4. Бензиновый мотор - особый вид поршневого двигателя внутреннего сгорания, в котором воспламенение смеси топлива и воздуха в цилиндрах осуществляется принудительно при помощи электрической искры, а в качестве топлива используется бензин. Его

преимущество в том, что его можно использовать в местах, где нет другого вида энергии. Кремовалка становится мобильной, крем-мёд можно получать рядом с пасеккой.

Каждый вид двигателя может быть связан с основным рабочим органом кремовалки разными видами передачи:

1. Ременная понижающая передача — это передача механической энергии при помощи гибкого элемента — приводного ремня. За счёт сил трения или сил зацепления сглаживает ударные перегрузки за счёт упругости ремня. Отличается малыми шумностью и стоимостью.

2. Цепная понижающая передача - это передача механической энергии при помощи гибкого элемента — цепи, за счёт сил зацепления. Цепная передача способна передавать вращение на параллельный ведущему вал, отстоящий от него до 7 метров. КПД цепной передачи доходит до 90-98 %.

3. Понижающий редуктор - механическое устройство для передачи момента вращения, основной функцией которого является редукция (понижение количества оборотов), снижающая усилие, необходимое для привода, который преобразует передаваемую мощность в полезную работу.

Все узлы и агрегаты кремовалки могут располагаться как на корпусе (рис. 2), так и на раме, где вариативность расположения компонентов больше (рис. 3). Преимуществом кремовалки без каркаса является компактность и лёгкий вес. Зачастую ёмкость бескаркасных кремовалок, в которой приготавливается крем-мёд, располагается вертикально, но при применении каркаса можно рассмотреть вариант размещения ёмкости под углом, что может способствовать более качественному перетиранию пыльцы в процессе приготовления крем-мёда.

Так же можно рассмотреть два варианта зажимности вала и бака по движению. Стандартный, где бак стоит неподвижно, а вращается вал с лопастями внутри, и вариант, где вал закреплён неподвижно, а



Рис. 2. Бескаркасная кремовалка



Рис. 3. Каркасная кремовалка



Рис. 4. Нагревательный элемент погружного типа



Рис. 5. Нагревательный элемент наружного типа

вращается только бак. С виду эта конструкция напоминает стандартную бетономешалку. Такая конструкция подразумевает каркас и может устанавливаться как вертикально, так и под углом.

При открытом (атмосферном) методе приготовления крем-мёда при перемешивании образуется множество пузырьков, всплывающих на поверхность, что увеличивает его объём. При этом может измениться и его вкус. Правильное приготовление крем-мёда подразумевает не взбивание мёда рабочим органом на больших оборотах и наполнение мёда кислородом, а перетираание частиц между собой наименьшим содержанием кислорода в мёде.

Таким образом был придуман вакуумный способ приготовления крем-мёда. Он подразумевает уменьшение количества кислорода в мёде при перемешивании, что уменьшает количество пенки на поверхности крем-мёда, меньше изменяет его вкус и увеличивает срок хранения.

В современных кремовалках одновременно с приготовлением крем-мёда можно также производить и роспуск мёда. Роспуск мёда — это процесс преобразования его из кристаллизованного состояния обратно в жидкое посредством нагрева. Самое важное условия роспуска — это соблюдение температурного режима. Нагрев можно производить до температуры не выше 40°C. Под отключаемым нагревательным элементом подразумеваются съёмные декристаллизаторы погружного (рис. 4) и наружного (гибкого) типа (рис. 5).

К постоянным нагревательным элементам можно отнести так же наружный (гибкий) тип нагреваемого элемента, например, приклеенного к таре на специальный клеевой состав [4].

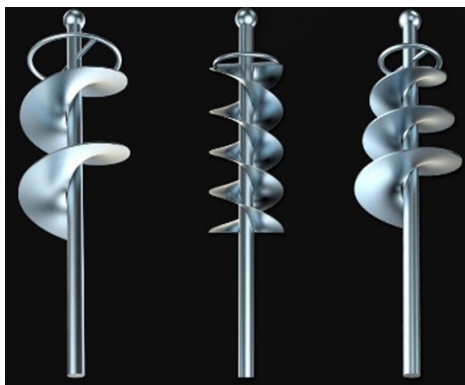


Рис. 6. Винтовой рабочий орган

Так же есть два метода приготовления крем-мёда: непрерывное и периодическое перемешивание мёда. Приготовление крем-мёда подразумевает перемешивание мёда на небольших оборотах, температура мёда при этом не должна превышать 28°C.

Непрерывный метод подразумевает только перемешивание.

Периодический метод подразумевает два повторяющихся цикла. Первый цикл — это перемешивание крем-мёда, и второй цикл — это его “отдых”, так как слишком сильное и непрерывное перемешивание может повысить температуру мёда и повредить кристаллизации. Эти циклы должны иметь управление по времени каждого цикла. Исполнительным механизмом может быть электрический или механический контроллер, который автоматически управляет циклами. Установка может быть и без блока управления, где человек сам включает и выключает установку и сам контролирует время выполнения цикла перемешивания и “отдыха” мёда.

В кремовалках стандартно применяется один вал с расположением подшипника в верхней части, зачастую в самом редукторе. В ходе усовершенствования установки для получения более качественного крем-мёда можно добавить ещё один или несколько дополнительных валов, которые могут вращаться как в одну сторону, так и в противоположные. Для уменьшения вероятности поломки вала из-за изгибающих нагрузок можно добавить подшипник на противоположный край вала, тем самым создать фиксированное положение его в двух крайних точках.

Рабочим органом может быть:

1. Винтовой смеситель (шнековый). По исполнению различают следующие винты: полноценный

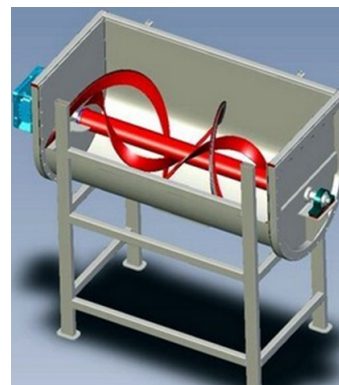


Рис. 7. Лопастной рабочий орган

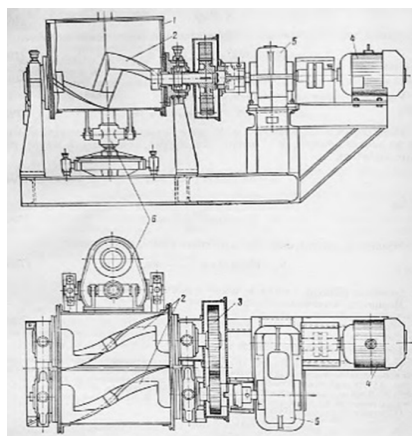


Рис. 8. Роторный смеситель

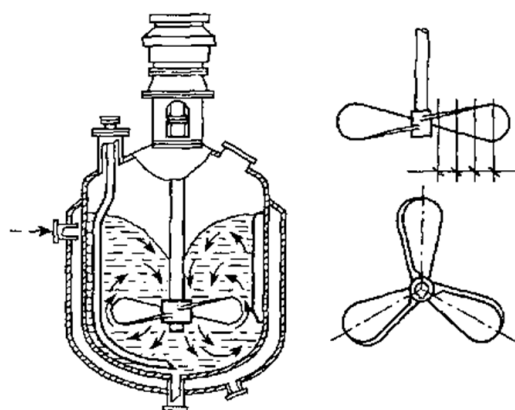


Рис. 9. Пропеллерный смеситель

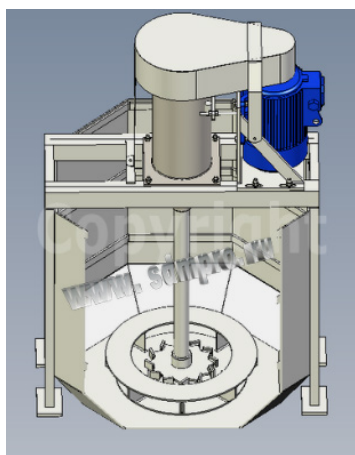


Рис. 10. Турбинный смеситель

(со сплошной винтовой поверхностью), ленточный (с цельной полоской-лентой, представляющей собой часть винтовой поверхности), лопастной (с прерывистой винтовой поверхностью в виде отдельных лопастей). Лопастной винт наиболее эффективен при смешивании материалов, склонных к налипанию (рис. 6) [17].

2. Лопастной смеситель. Их делят на два типа: прямоточные и противоточные. В прямоточных конструкциях подача материала лопастями происходит в одну сторону, в противоточных - оба вала подают смешиваемый материал в разные стороны. Качество перемешивания изменяется обратно пропорционально его производительности (рис. 7) [17,18].

3. Роторный смеситель. Имеет высокую произво-

дительность, малую металлоемкость и энергоёмкость. Принцип действия состоит во встречном вращении двух (или больше) быстроходных роторов с рабочими органами (дисками, лопастями), бросающими перерабатываемый материал, смешивающийся при взаимном пересечении и соударении (рис. 8).

4. Пропеллерный смеситель. Он состоит из вала, на котором закрепляется пропеллер в виде лопастей разного профиля [21-23]. Лопасть может быть разного количества, чаще всего применяется трехлопастный пропеллер. Формы лопастей тоже зависят от конкретных задач, но самой практичной считается форма гребного винта (рис. 9) [19, 20].

5. Турбинный смеситель. В нём при вращении перемешивающего устройства лопасти, взаимодействуя с материалом, сообщают ему кинетическую энергию, из межлопастных каналов между разделительным диском и верхним покровным и разделительным диском и нижним покровным диском происходит истечение компонентов. Смесь обтекает профилированные отбортованные выступы верхнего и нижнего покровных дисков, которые сообщают ей осевую составляющую. Таким образом, происходит перераспределение материала из верхнего циркуляционного контура в нижний и наоборот (рис. 10).

Другие типы обработки мёда без перемешивания валом — это вибрационный или барабанный.

Вибрация подразумевает колебание или повторяющееся движение объекта около положения равновесия. Тем самым частички пыльцы мёда разрушаются, совершая колебательные движения друг относительно друга, перетирая себя в более мелкую фракцию, из которой и состоит крем-мёд.

Установка барабанного типа представляет собой, по сути, миксер, очень похожий на бетономешалку. У неё вращается сама ёмкость, на стенках которой расположены лопасти, которые перемешивают мёд, не взбивая его при этом.

Выводы

Данная классификация была разработана на основе практических и теоретических данных, найденных в разных источниках. В ней мы попытались учесть основные отличительные данные машин для приготовления крем-мёда по ряду параметров: по типу привода и передачи крутящего момента, расположению корпуса, типу нагревательного элемента, периодичности действия, видом рабочих органов и ряду других. Данная классификация может быть полезна при проведении исследований в направлении производства крем-мёда, машин для розпуска севшего мёда, а также ряду исследователей в направлении смешивания вязких густых сред и не только. Она не является окончательной и может дополняться по мере поступления данных о новых изобретениях установок для приготовления крем-мёда.

Литература

- [1] Приготовление крем-меда / В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, К.А. Власов, Н.С. Канунников // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. С. 272-276. EDN KKYUFP.
- [2] Способы получения крем-меда / В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, К.А. Власов, Н.С. Канунников // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. С. 268-272. EDN USPPDN.
- [3] Савина, М.В. Способы роспуска меда / М.В. Савина, Н.С. Канунников, Н.Е. Лузгин // Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации: Материалы 72-й международной научно-практической конференции, Рязань, 20 апреля 2021 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский Государственный Агротехнологический Университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. С. 358-362. EDN QYOCSU.
- [4] Использование теплового излучения для обезвоживания и термообработки продуктов растениеводства / И.Ю. Тюрин, В.Э. Юлдашев, А.Д. Шарашов [и др.] // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 22 ноября 2018 года. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. С. 444-448. EDN VYAGDK.
- [5] Процесс приготовления сахаро-медового теста для пчел / Н.Е. Лузгин, В.В. Горшков, Е.С. Лузгина, М.В. Зинган // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26–27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства российской федерации; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева».

References

- [1] Preparation of cream honey / V.V. Utoлин, N.E. Luzgin, K.A. Vlasov, N.S. Kanunnikov // Technological innovations as a factor of sustainable and effective development of modern agro-industrial complex: Materials of the National scientific and Practical Conference, Ryazan, November 20, 2020. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2020. pp. 272-276. EDN KKYUFP.
- [2] Methods of obtaining cream honey / V.V. Utoлин, N.E. Luzgin, K.A. Vlasov, N.S. Kanunnikov // Technological innovations as a factor of sustainable and effective development of modern agro-industrial complex: Materials of the National Scientific and Practical Conference, Ryazan, November 20, 2020. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2020. pp. 268-272. EDN USPPDN.
- [3] Savina, M.V. Ways of dissolving honey / M.V. Savina, N.S. Kanunnikov, N.E. Luzgin // Promising technologies in the modern agro-industrial complex of Russia: traditions and innovations: Materials of the 72nd International Scientific and Practical Conference, Ryazan, April 20, 2021 / Ministry of Agriculture of the Russian Federation Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev». Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2021. pp. 358-362. EDN QYOCSU.
- [4] The use of thermal radiation for dehydration and heat treatment of crop products / I.Yu. Tyurin, V.E. Yuldashev, A.D. Sharashov [et al.] // Priority directions of scientific and technological development of the agro-industrial complex of Russia: Materials of the National Scientific and Practical Conference, Ryazan, November 22, 2018. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2019. pp. 444-448. EDN VYAGDK.
- [5] The process of preparing sugar-honey dough for bees / N.E. Luzgin, V.V. Gorshkov, E.S. Luzgina, M.V. Zingan // Principles and technologies of ecologization of production in agriculture, forestry and fisheries: Materials of the 68th International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Ecology in Russia, Ryazan, April 26-27, 2017 / Ministry of Agriculture of the Russian Federation; Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2017. pp. 146-149. EDN ZFNHAJ.
- [6] Composition of dough-like top dressing for bees / N.E. Luzgin, V.V. Utoлин, E.S. Luzgina, M.V. Zingan // Principles and technologies of ecologization of production in agriculture, forestry and fisheries: Materials of the 68th International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Ecology in Russia, Ryazan, April 26-27 2017 / Ministry of Agriculture of the Russian Federation; Ryazan State Agrotechnological University named after P.A.

- Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. С. 146-149. EDN ZFNHAJ.
- [6] Состав тестообразной подкормки для пчел / Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, Е.С. Лузгина, М.В. Зинган // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26–27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства российской федерации; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. С. 149-153. EDN ZFNHJZ.
- [7] Обоснование конструктивно-технологических параметров смесителя кормов / В.М. Ульянов, В.В. Утолин, А.А. Полункин, Е.Е. Гришков // Актуальные проблемы агроинженерии и их инновационные решения: Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной юбилею специальных кафедр инженерного факультета (60 лет кафедрам «Эксплуатация машинно-тракторного парка», «Технология металлов и ремонт машин», «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины, 50 лет кафедре «Механизация животноводства»), Рязань, 01 января – 31 2013 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Инженерный факультет. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2013. С. 63-68. EDN RXLFHB.
- [8] Утолин, В. В. Способы и средства механизации приготовления тестообразных подкормок для пчел и их компонентов / В. В. Утолин, Н. Е. Лузгин, Е. С. Лузгина // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: Сборник научных трудов, Рязань, 18 декабря 2015 года. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2016. – С. 233-237. – EDN VJMWNN.
- [9] Анализ конструкций смесителей / В.В. Утолин, Е.Е. Гришков, Н.Е. Лузгин [и др.] // Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 14 декабря 2017 года. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. С. 146-149. EDN ZFNHAJ.
- [10] Kostychev. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2017. pp. 149-153. EDN ZFNHJZ.
- [7] Substantiation of the design and technological parameters of the feed mixer / V.M. Ulyanov, V.V. Utolin, A.A. Polunkin, E.E. Grishkov // Actual problems of agroengineering and their innovative solutions: A collection of scientific papers based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the anniversary of the special departments of the Faculty of Engineering (60 years of the departments «Operation of the machine and tractor fleet», «Technology of metals and repair of machines», «Agricultural, road and special machines, 50 years of the department «Mechanization of animal husbandry»), Ryazan, January 01 – 31, 2013 / Ministry of Agriculture of the Russian Federation; Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Faculty of Engineering. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2013. pp. 63-68. EDN RXLFHB.
- [8] Utolin, V. V. Methods and means of mechanization of preparation of dough-like top dressing for bees and their components / V. V. Utolin, N. E. Luzgin, E. S. Luzgina // Modern energy- and resource-saving environmentally sustainable technologies and agricultural production systems: Collection of scientific papers, Ryazan, December 18, 2015. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2016. – pp. 233-237. – EDN VJMWNN.
- [9] Analysis of mixer designs / V.V. Utolin, E.E. Grishkov, N.E. Luzgin [et al.] // Improving the system of training and additional professional education of personnel for the agro-industrial complex: Materials of the National Scientific and Practical Conference, Ryazan, December 14, 2017. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2017. pp. 187-194. EDN YTTYKS.
- [10] Nekrashevich, V. F. Preparation of dough-like feedings for bees / V.F. Nekrashevich, S.V. Kornilov, N.E. Luzgin // Beekeeping. 2002. No. 8. p. 48. EDN YMYBDZ.
- [11] Review of mixers of viscous thick media / N.E. Luzgin, V.V. Utolin, V.V. Gorshkov, E.S. Luzgina // Bulletin of the Council of Young Scientists of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2017. No. 1(4). pp. 72-78. EDN ZQYLBK.
- [12] Results of experimental studies of the feed mixer / V.V. Utolin, N.E. Luzgin, N.E. Altunin, V.V. Ulin // Bulletin of the Council of Young Scientists of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2021. No. 2(13). pp. 71-75. EDN PIKGUF.
- [13] Ulyanov, V.M. Feed mixer / V.M. Ulyanov, V.V. Utolin, M.V. Parshina // Innovative scientific and educational support of the agro-industrial complex: materials of the 69th International Scientific and Practical Conference, Ryazan, April 25, 2018. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2018. pp. 348-352. EDN YNYBAD.
- [14] Technological lines for the preparation of dough-

- агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. С. 187-194. EDN YTTYKS.
- [10] Некрашевич, В. Ф. Приготовление тестообразных подкормок для пчел / В.Ф. Некрашевич, С.В. Корнилов, Н.Е. Лузгин // Пчеловодство. 2002. № 8. С. 48. EDN YMYBDZ.
- [11] Обзор смесителей вязких густых сред / Н.Е. Лузгин, В.В. Утолин, В.В. Горшков, Е.С. Лузина // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2017. № 1(4). С. 72-78. EDN ZQYLBR.
- [12] Результаты экспериментальных исследований смесителя кормов / В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, Н.Э. Алтунин, В.В. Улин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2021. № 2(13). С. 71-75. EDN PIKGUF.
- [13] Ульянов, В.М. Смеситель кормов / В.М. Ульянов, В.В. Утолин, М.В. Паршина // Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 69-ой Международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2018 года. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2018. С. 348-352. EDN YNYBAD.
- [14] Технологические линии приготовления тестообразных подкормок для пчел / С.В. Корнилов, Н.Е. Лузгин, Н.А. Грунин, А.Е. Исаев // Актуальные проблемы агроинженерии и их инновационные решения : Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, посвященной юбилею специальных кафедр инженерного факультета (60 лет кафедрам «Эксплуатация машинно-тракторного парка», «Технология металлов и ремонт машин», «Сельскохозяйственные, дорожные и специальные машины, 50 лет кафедре «Механизация животноводства»), Рязань, 01 января – 31 2013 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, Инженерный факультет. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2013. С. 150-153. EDN RXKVKX.
- [15] Mixer for dry concentrated feed / V. Ulyanov, V. Utoлин, N. Luzgin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012143. DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012143. EDN DGXKHM.
- [16] US Patent 1987893.
- [17] Screw-blade mixer for the preparation of feed / V.M. Ulyanov, V.V. Utoлин, A.A. Polunkin, E.E. Grishkov // Mechanization and electrification of agriculture. 2013. No. 6. pp. 11-12. EDN XWUIRV.
- [18] Utoлин, V.V. Theoretical substantiation of the design and technological parameters of a spiral mixer / V.V. Utoлин, E.E. Grishkov, A.M. Lavrov // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2015. No. 1(25). pp. 70-76. EDN UXKSFN.
- [19] Tests of a spiral mixer in production conditions / V.V. Utoлин, N.E. Luzgin, E.E. Grishkov [et al.] // Rural mechanizer. 2018. No. 2. pp. 26-27. EDN XODZRB.
- [20] Constructive and technological parameters of a spiral mixer / V.V. Utoлин, E.E. Grishkov, A.A. Polyakova, A.N. Topilsky // Rural mechanizer. 2015. No. 7. pp. 28-29. EDN UIOYAD.
- [21] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Modeling the process of removing onion tops by the working body of the topping machine // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2014. No. 3. pp. 29-33. EDN: SFOUHZ.
- [22] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Substantiation of the optimal rotational speed of the working body of the topping machine // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2013. No. 3. pp. 18-23. EDN: QJCHJV.
- [23] Analysis of the process of air movement inside the casing of the topping working body with justification of the optimal angle of inclination of the knives / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.E. Kashirin // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva. 2015. No. 4 (28). pp. 67-72. EDN: VOIRLD.

Publishing, 2019. P. 012143. DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012143. EDN DGXKHM.

- [16] Патент США 1987893.
- [17] Шнеково-лопастной смеситель для приготовления кормов / В.М. Ульянов, В.В. Утолин, А.А. Полункин, Е.Е. Гришков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 6. С. 11-12. EDN XWUIRV.
- [18] Утолин, В.В. Теоретическое обоснование конструктивно-технологических параметров спирального смесителя / В.В. Утолин, Е.Е. Гришков, А.М. Лавров // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2015. № 1(25). С. 70-76. EDN UXKSFN.
- [19] Испытания спирального смесителя в производственных условиях / В.В. Утолин, Н.Е. Лузгин, Е.Е. Гришков [и др.] // Сельский механизатор. 2018. № 2. С. 26-27. EDN XODZRB.
- [20] Конструктивно-технологические параметры спирального смесителя / В.В. Утолин, Е.Е. Гришков, А.А. Полякова, А.Н. Топильский // Сельский механизатор. 2015. № 7. С. 28-29. EDN UIOYAD.
- [21] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 29-33. EDN: SFOUNZ.
- [22] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3. С. 18-23. EDN: QJCHJV.
- [23] Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. № 4 (28). С. 67-72. EDN: VOIRLD.

Сведения об авторах

Information about the authors

Ульянов Вячеслав Михайлович доктор технических наук заведующий кафедрой «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» 490044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1 Тел.: +7(910) 563-29-01 E-mail: ulyanov-v@list.ru	Ulyanov Vyacheslav Mikhailovich PhD in Technical Sciences head of the department of Technical systems in the agro- industrial complex Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev Phone: +7(910) 563-29-01 E-mail: ulyanov-v@list.ru
Утолин Владимир Валентинович кандидат технических наук доцент кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» 490044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1 Тел.: +7(920) 632-88-05 E-mail: 6451985@mail.ru	Utolin Vladimir Valentinovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of Technical systems in the agro-industrial complex Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev Phone: +7(920) 632-88-05 E-mail: 6451985@mail.ru
Лузгин Николай Евгеньевич кандидат технических наук доцент кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» 490044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1 Тел.: +7(910) 645-19-85 E-mail: nikolay.luzgin@mail.ru	Luzgin Nikolay Evgenievich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of Technical systems in the agro-industrial complex Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev Phone: +7(910) 645-19-85 E-mail: nikolay.luzgin@mail.ru
Власов Кирил Алексеевич ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» 490044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1 Тел.: +7(916) 691-72-45 E-mail: kirill_v93@mail.ru	Vlasov Kirill Alekseevich Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev Phone: +7(916) 691-72-45 E-mail: kirill_v93@mail.ru

Применение различных методов обработки математических моделей при моделировании сушки яблок

Фролов Д.И., Боровков Я.Е.

Аннотация. В настоящей статье модель искусственной нейронной сети сравнивалась с традиционными регрессионными моделями для сушки пищевых материалов. Для обработки ломтиков яблок различной толщины был применен ультразвук высокой интенсивности с амплитудами, установленными на 25%, 50%, 75% и 100% от максимальной. Четыре наиболее часто используемые регрессионные модели для сушки, были подобраны на основе экспериментальных данных, и их применимость была проверена на различных наборах экспериментов. Для создания нейронной сети обратного распространения использовались входные параметры: амплитуда ультразвука, толщина образца и температура сушки. Выходным параметром являлась влажность. После обучения и проверки сетей был проведен статистический анализ и была выбрана лучшая сеть. Нейронные сети показали отличное соответствие экспериментальным данным, независимо от входных параметров, полученных в экспериментах. В отличие от регрессионных моделей, которые прекрасно подходят только к одному набору экспериментальных данных и показывают неадекватное соответствие при небольших изменениях одного или нескольких входных параметров.

Ключевые слова: сушка, яблоко, искусственная нейронная сеть, ультразвук, математическая модель.

Для цитирования: Фролов Д.И., Боровков Я.Е. Применение различных методов обработки математических моделей при моделировании сушки яблок // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 84–90.

Application of various methods of processing mathematical models in the simulation of drying apples

Frolov D.I., Borovkov Ya.E.

Abstract. In this article, the artificial neural network model was compared with traditional regression models for drying food materials. High-intensity ultrasound was applied to the processing of apple slices of various thicknesses with amplitudes set at 25%, 50%, 75% and 100% of the maximum. The four most commonly used regression models for drying were selected based on experimental data and their applicability was tested on various sets of experiments. To create a backpropagation neural network, input parameters were used: ultrasound amplitude, sample thickness, and drying temperature. Humidity was the output parameter. After training and testing the networks, a statistical analysis was carried out and the best network was selected. Neural networks showed excellent agreement with the experimental data, regardless of the input parameters obtained in the experiments. In contrast to regression models, which fit perfectly on only one set of experimental data and show inadequate fit for small changes in one or more input parameters.

Keywords: drying, apple, artificial neural network, ultrasound, mathematical model.

For citation: Frolov D.I., Borovkov Ya.E. Application of various methods of processing mathematical models in the simulation of drying apples. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 84–90. (In Russ.).

Введение

Сушка пищевых материалов в больших масштабах зависит от надлежащего контроля операции сушки, времени сушки, температуры, скорости воздуха и других параметров, таких как содержание воды и масса материала [7, 14]. Производительность и характеристики конвективных осушителей обычно определяются после серии экспериментов при различных температурах и скоростях воздуха [4]. Математические модели, основанные на таких экспериментальных данных, сочетают в себе влияние всех параметров и различных комбинаций и коэффициентов [5]. Производительность и характеристики конвективных сушилок обычно определяются путем проведения серии экспериментов при различных температурах и скоростях воздуха [9, 13]. Для проектирования операций сушки необходимы точные модели сушки, которые просты и быстры в использовании [8].

Быстрая сушка до низкой влажности имеет решающее значение, и поиск дальнейших улучшений традиционных процессов сушки привел к экспериментам с ультразвуком высокой интенсивности до или во время фазы сушки [3]. Сочетание процесса сушки и предварительной обработки ультразвуком высокой интенсивности приводит к еще более сложным, дорогостоящим и трудоемким экспериментам, которые выигрывают от реализации качественных математических моделей. Процесс сушки, который включает ультразвуковую обработку с интенсивностью более 10 Вт/см², подходит для изменения физических и химических свойств фруктов и поэтому должен быть тщательно смоделирован, чтобы свести к минимуму потери качества продуктов питания и затраты на процесс [1]. Тестирование и настройка системы на основе предыдущих экспериментальных данных с использованием регрессионных моделей является стандартной практикой в лабораторных и промышленных условиях, но она имеет некоторые серьезные ограничения в сложной установке сушки, в первую очередь в отношении количества используемых переменных (обычно два: содержание влаги и время высыхания) [2]. Современные эмпирические математические модели корреляции между временем высыхания, как входным параметром и содержанием воды, как выходным параметром дают отличные прогнозы для одного конкретного эксперимента. Некоторые из наиболее часто используемых моделей сушки представлены ниже.

$$MR = \exp(-k \cdot t_n) \quad (1)$$

$$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (2)$$

$$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c \quad (3)$$

$$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t) \quad (4)$$

Внесение каких-либо изменений в параметры сушки приводит к неспособности ранее установленной эмпирической модели соответствовать но-

вым экспериментальным данным. Поэтому сложно найти такую модель, которая удовлетворяла бы всему диапазону условий сушки. Основываясь только на одном входном параметре, существующие модели не подходят для промышленного управления процессами сушки воздуха.

Искусственные нейронные сети могут преодолеть это ограничение и при правильном использовании могут включать данные всех входных переменных, давая значения для одной или нескольких выходных переменных. Модели, основанные на использовании нейронных сетей, имеют возможность устанавливать веса для каждой единицы или каждого нейрона в сети. Эти свойства эвристических моделей не требуют параметров физических моделей и могут быть изучены только из экспериментальных данных, даже при работе со сложными системами с нелинейным взаимодействием между несколькими переменными решения. Это позволяет вводить несколько переменных с разными уровнями значимости, что, после обучения, дает значения для соответствующей выходной переменной. Наиболее популярными сетями для моделирования процессов сушки пищевых продуктов являются многослойные персептроны. Эти сети состоят из идентичных нейронов, организованных слоями, со связями между каждой единицей в соседних слоях. В типичной сети прямой связи с обратным распространением, входные данные подаются на входной слой, состоящий из того же количества нейронов. Выходные значения из входного слоя распространяются через нейроны в скрытом слое в зависимости от веса каждого нейрона и с использованием нелинейной сигмоиды, гиперболического тангенса или простых линейных передаточных функций. Эти сети состоят из идентичных нейронов, организованных слоями, со связями между каждой единицей в соседних слоях.

После прохождения одного или нескольких скрытых слоев данные передаются на выходной слой, а результат преобразуется и направляется в выходные переменные. Этот структурный метод распространения был признан наиболее стабильным и предпочтительным по сравнению с другими типами сетей. Следующим шагом после прямого прохода является обратный проход, при котором ошибки с выходного уровня отправляются обратно на входной уровень. На этом этапе веса и взаимосвязи были скорректированы с целью минимизации ошибки и определения наилучшего соответствия экспериментальным данным. После этапа обучения сети выполняется проверка с использованием свежего набора данных и тестирование производительности сети, чтобы обеспечить минимальную ошибку.

В статье эмпирические модели сушки пищевых материалов будут адаптированы к экспериментальным данным, полученным с использованием предварительной ультразвуковой обработки и сушки яблок. Модели будут сравниваться с смоделиро-

ванной искусственной нейронной сетью, и на основе статистического анализа будет выбрана лучшая.

Объекты и методы исследований

Свежие яблоки сорта Голден очищали от кожуры и нарезали дольками размером 5·5 см толщиной 0,25 и 0,5 см. Приблизительно 50 г яблочных ломтиков погружали в 200 мл дистиллированной воды в стакане на 250 мл. Начальная температура дистиллированной воды составляла 22°C, а влажность была постоянной на протяжении всех экспериментов. Ультразвуковой зонд погружали на 1 см ниже поверхности воды. Обработку жидкости с погруженными образцами с помощью высокоинтенсивного ультразвука проводили в течение 7 минут. Контрольный образец погружали в воду на 7 минут без ультразвуковой обработки. После обработки ломтики яблок помещали в инфракрасную сушилку и анализатор влажности с температурой сушки 55°C и 65°C. Во время проведения эксперимента в инфракрасной сушилке массу образцов регистрировали каждую минуту до тех пор, пока не наблюдалось существенной разницы между десятью последующими показаниями.

Был проведен статистический анализ и созданы математические модели вместе с моделями нейронной сети в программе Statistica [6]. Для каждого запуска рассчитывали абсолютную влажность (X/X_0) на основе уравнения 1, а расчет параметров для выбранных моделей для описания поведения пищевых материалов при сушке проводился на основе экспериментальных данных.

$$\frac{X}{X_0} = MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (5)$$

где M_e – равновесная влажность, M_0 – исходная влажность.

Используя нелинейную оценку с заданной пользователем регрессией и минимизацией методом наименьших квадратов, а также аппроксимацию уравнений диффузии подгоняли к экспериментальным данным [10, 11]. На основе среднеквадратичной ошибки и коэффициента корреляции выбиралась лучшая модель и сравнивалась с моделью нейронной сети.

В качестве подходящего типа сети для обучения на экспериментальных данных был выбран многослойный персептрон. Выбранными входными переменными были амплитуда ультразвука, толщина ломтиков яблока и температура сушки, с содержанием воды в качестве выходной переменной, как показано на рисунке 1.

Чтобы оценить динамическое поведение при сушке, значения входных переменных были случайным образом взяты из набора экспериментальных данных и разделены на три части. Первый набор (70% данных) использовался в качестве обучаю-

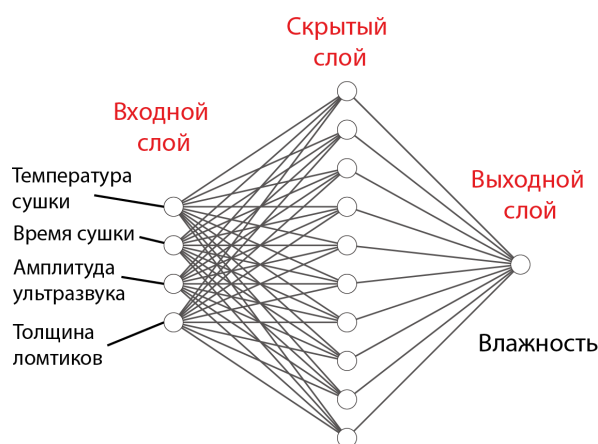


Рис. 1. Модель искусственной нейронной сети на основе 4 входов, скрытого слоя с неизвестным пока количеством нейронов и выходного слоя, используемого для подгонки экспериментальных данных

щих данных для нейронных сетей, а второй набор (20% данных) использовался для проверки сетей и оценки качества сети на этапе обучения. Третий набор (10% данных) использовался как новые данные для тестирования производительности сети, и, следовательно, этот раздел никогда не использовался в обучении. Один скрытый слой был выбран как адекватный, а начальное количество нейронов было установлено равным половине суммы входных и выходных нейронов. Увеличение числа нейронов в сети проводится до тех пор, пока ошибка подбора не достигнет удовлетворительного уровня, что предотвращает чрезмерное обучение сети и неадекватное соответствие проверочным данным.

Чтобы учесть влияние других переменных параметров сушки, помимо амплитуды ультразвука, и для сравнения моделей с нейронной сетью, константы в моделях сушки были регрессированы в зависимости от толщины среза и температуры сушки с использованием множественного регрессионного анализа. Комбинации с самым высоким значением R были включены в окончательную модель, что обеспечило наилучшее соответствие всем собранным экспериментальным данным [15].

Результаты и их обсуждение

Основываясь на экспериментально собранных данных, амплитуда ультразвука оказывает значительное влияние на время сушки, независимо от температуры сушки и толщины ломтика. Взрыв кавитационных пузырьков и последующее высвобождение высоких температур и давлений повлияли на ткань плода, изменение структуры погруженных образцов [12]. Увеличение амплитуды приводит к увеличению интенсивности кавитации, которая открывает поры в образцах яблок и создает новые. Большее количество пор и расширение уже имеющихся пор замедляло запечатывание пор при сушке, что обеспечивало более быструю диффузию воды к поверхности образца и продлевало первую фазу сушки с практически линейным падением содержания воды. С увеличением ам-

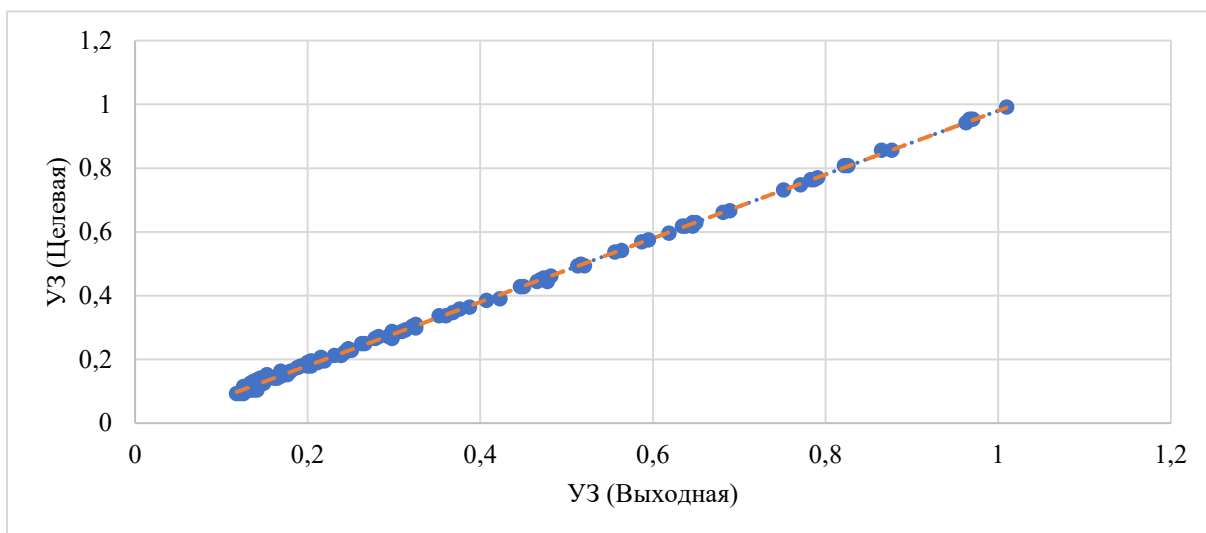


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные данные искусственной нейронной сети для содержания воды в ломтиках яблока

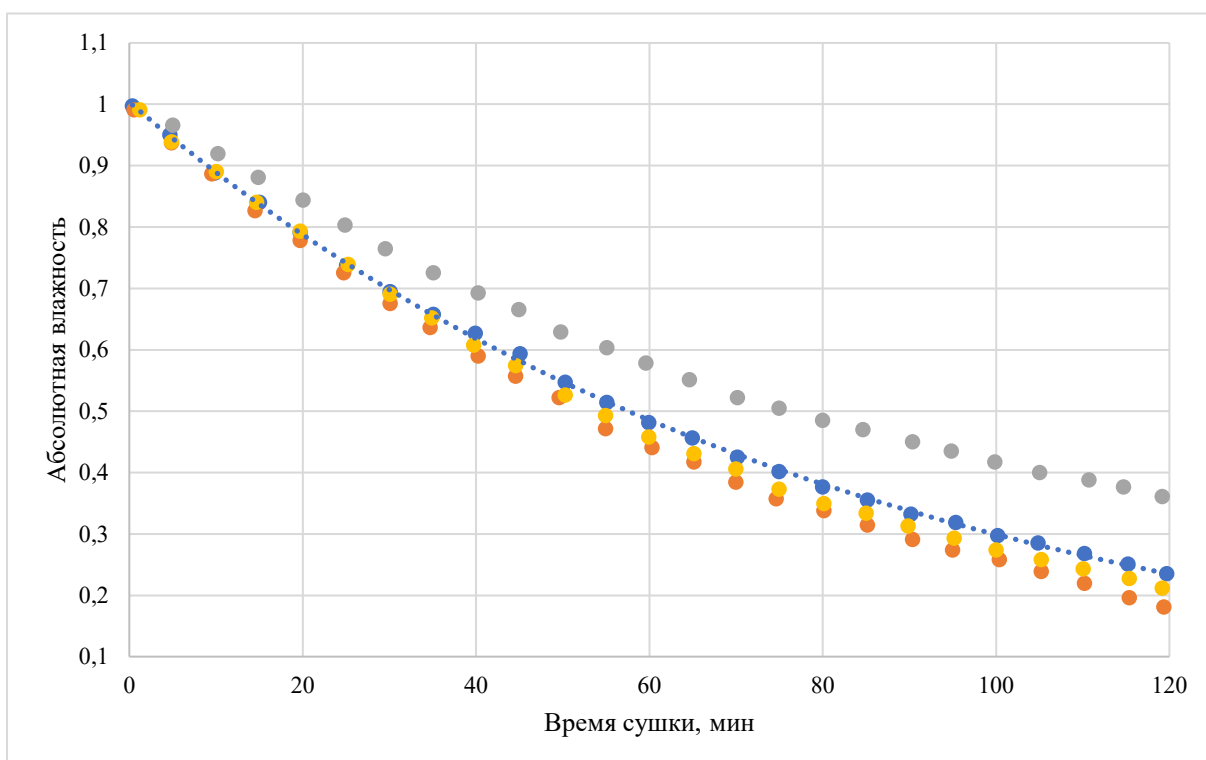


Рис. 3. Модель 2, подогнанная к одному набору данных (25 % амплитуды) и сравнение с 4 другими наборами экспериментальных данных (без ультразвуковой обработки, 50 %, 75 % и 100 % максимальной амплитуды) при 65°C

плитуды время сушки сокращается со 140 минут для необработанных образцов до минимум 87 минут для образцов, обработанных на 100% от максимальной амплитуды. Очевидно, что предварительная ультразвуковая обработка еще больше усложняет подгонку эмпирических математических моделей к экспериментально полученным данным. Более короткое время сушки, достигнутое с помощью ультразвуковой обработки, и различные кривые сушки показали, что модели, основанные исключительно на времени сушки, оказались непригодными для использования в прогнозировании и контроле процесса сушки. Очевидно, что предварительная ультразвуковая обработка еще больше усложняет подгонку эмпирических математических моделей к экспериментально полученным

данным. Более короткое время сушки, достигнутое с помощью ультразвуковой обработки, и различные кривые сушки показали, что модели, основанные исключительно на времени сушки, оказались непригодными для использования в прогнозировании и контроле процесса сушки.

Наилучшей эмпирической корреляцией для описания поведения ломтиков яблок при сушке оказалось приближение диффузии с $R^2 = 0,99132$, полученным для одного конкретного эксперимента. Для сравнения, лучшая искусственная нейронная сеть была выбрана на основе ошибок при обучении и тестировании производительности.

Многослойный перцептрон с 12 нейронами с использованием алгоритма BFGS, функции логисти-

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции, выбранные на основе множественного регрессионного анализа для экспериментальных моделей и сравненные с моделью искусственной нейронной сети

Модель	Параметры	R2
1	$k=0,01018$; $n=1,03412$	0,980
2	$a=1,01408$; $k=0,011996$	0,953
3	$a=1,00057$; $k=0,012354$; $c=0,015823$	0,990
4	$a=-0,02168$; $k=0,256448$; $b=0,047254$	0,991
Искусственная нейронная сеть		0,999

ческого преобразования в скрытом слое и функции активации гиперболического тангенса в выходном слое имела ошибку обучения 0,9995 и ошибку на этапе тестирования 0,9991. Большее количество нейронов приводит к лучшему соответствию обучающим данным, но не может удовлетворительно пройти фазу тестирования. На рисунках 2 и 3 показано превосходное соответствие модели искусственной нейронной сети, при этом прогнозируемые и выходные значения подгоняются независимо от используемой температуры сушки, амплитуды или толщины среза. Результаты показывают, что графики между прогнозируемым и

экспериментальным содержанием воды в образцах представляли собой почти прямую линию для процессов обучения и проверки с минимальной ошибкой.

Коэффициенты корреляции протестированных эмпирических моделей, представленные в таблице 1, показывают значительно более низкие значения, что указывает на то, что полученная искусственная нейронная сеть демонстрирует значительно лучшее соответствие экспериментальным данным. Способность прогнозирования обученной искусственной нейронной сети является лучшей из всех исследованных моделей, независимо от используемых параметров

Выводы

Модель искусственной нейронной сети со значительно меньшей среднеквадратической ошибкой по сравнению с эмпирическими моделями должна быть предпочтительным методом для точного описания поведения при сушке. Используя искусственную нейронную сеть, можно успешно моделировать применение ультразвука в операциях сушки, поскольку этот тип эвристической сети не ограничивается строго конкретными экспериментами и допускает широкий диапазон значений для большего количества входных параметров.

Литература

- [1] Menlik T., Özdemir M.B., Kirmaci V. Determination of freeze-drying behaviors of apples by artificial neural network // Expert Systems with Applications: An International Journal. 2010. T. 37. № 12. С. 7669–7677.
- [2] Movagharnejad K., Nikzad M. Modeling of tomato drying using artificial neural network // Computers and Electronics in Agriculture. 2007. Vol. 59. № 1. P. 78–85.
- [3] Textural properties of infra red dried apple slices as affected by high power ultrasound pre-treatment / M. Brncic [et al.] // African Journal of Biotechnology. 2010. Vol. 9. № 41. P. 6907–6915.
- [4] Toğrul H. Simple modeling of infrared drying of fresh apple slices : Special Section on Finite Element Modelling of Foods // Journal of Food Engineering. 2005. Vol. 71. № 3. P. 311–323.
- [5] Ultrasound-Assisted Infrared Drying of Pear Slices: Textural Issues / F. Dujmić [et al.] // Journal of Food Process Engineering. 2013. Vol. 36. Ultrasound-Assisted Infrared Drying of Pear Slices. № 3. P. 397–406.
- [6] Курочкин А.А., Фролов Д.И. Обоснование аэродинамических параметров эжектора термовакуумного экструдера // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 12–18.

References

- [1] Menlik T., Özdemir M.B., Kirmaci V. Determination of freeze-drying behaviors of apples by artificial neural network // Expert Systems with Applications: An International Journal. 2010. V. 37. No. 12. S. 7669–7677.
- [2] Movagharnejad K., Nikzad M. Modeling of tomato drying using artificial neural network // Computers and Electronics in Agriculture. 2007 Vol. 59. No. 1. P. 78–85.
- [3] Textural properties of infra red apple slices as affected by high power ultrasound pre-treatment / M. Brncic [et al.] // African Journal of Biotechnology. 2010 Vol. 9. No. 41. P. 6907–6915.
- [4] Toğrul H. Simple modeling of infrared drying of fresh apple slices : Special Section on Finite Element Modeling of Foods // Journal of Food Engineering. 2005 Vol. 71. No. 3. P. 311–323.
- [5] Ultrasound-Assisted Infrared Drying of Pear Slices: Textural Issues / F. Dujmić [et al.] // Journal of Food Process Engineering. 2013. Vol. 36. Ultrasound-Assisted Infrared Drying of Pear Slices. No. 3. P. 397–406.
- [6] Kurochkin A.A., Frolov D.I. Justification of the aerodynamic parameters of the ejector of a thermal vacuum extruder // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. No. 3 (55). pp. 12–18.
- [7] Kurochkin A.A., Frolov D.I., Voronina P.K. Determination of the main parameters of the vacuum

- [7] Курочкин А.А., Фролов Д.И., Воронина П.К. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4 (32). С. 172–177.
- [8] Моделирование работы ботвоудаляющей машины с анализом потоков воздуха внутри ее кожуха / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, О.Н. Кухарев, Н.П. Ларюшин // Нива Поволжья. 2016. № 3 (40). С. 105–111.
- [9] Повышение эффективности обезвоживания экструдата в вакуумной камере модернизированного экструдера / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, П. К. Гарькина [и др.] // Нива Поволжья. – 2019. – № 2(51). – С. 134–143. – EDN BIRIFZ.
- [10] Технологические аспекты регулирования выхода экстракта при получении пивного суслу / П.К. Гарькина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 2. С. 13–20.
- [11] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1 (29). С. 120–126.
- [12] Фролов Д.И., Фудин К.П. Влияние конвективной сушки и температурного режима на содержание химических веществ в репчатом луке // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 1 (29). С. 84–89.
- [13] Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции / А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков и др. Под ред. А.А. Курочкина. М.: КолосС, 2006. – 424 с. EDN: RCJTDT.
- [14] Оптимизация состава зернопродуктов при получении пивного суслу с использованием экструдированного ячменя / Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 6(22). – С. 103–109. – EDN TKJLIH.
- [15] Рациональные технологические параметры при производстве поликомпонентного композита на основе семян льна / В. М. Зимняков, О. Н. Кухарев, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 157–163. – EDN ZTIERL.
- chamber of the modernized extruder // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. No. 4 (32). pp. 172–177.
- [8] Simulation of the operation of a haulm-removing machine with the analysis of air flows inside its casing / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, O.N. Kukharev, N.P. Laryushin // Niva of the Volga region. 2016. No. 3 (40). pp. 105–111.
- [9] Improving the efficiency of extrudate dehydration in the vacuum chamber of a modernized extruder / D. I. Frolov, A. A. Kurochkin, P. K. Garkina [et al.] // Niva Povolzhya. - 2019. - No. 2 (51). - pp. 134-143. – EDN BIRIFZ.
- [10] Tekhnologicheskie aspekty regulirovaniye vykhoda ekstrata pri polucheniya beernogo wort / P.K. Garkina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnologies. 2020. V. 8. No. 2. S. 13–20.
- [11] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Determining the optimal parameters of a haulm-removing machine for onion crops // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2015. No. 1 (29). pp. 120–126.
- [12] Frolov D.I., Fudin K.P. Influence of convective drying and temperature conditions on the content of chemicals in onions // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2016. No. 1 (29). pp. 84–89.
- [13] Diplomnoye proektirovaniye po mehanizatsii pererabotki sel'skhozajstvennoj produkcii / A.A. Kurochkin, I.A. Spicyn, V.M. Zimnyakov i dr. Pod red. A.A. Kurochkina. M.: KolosS, 2006. – 424 p. EDN: RCJTDT
- [14] Optimization of the composition of grain products when obtaining beer wort using extruded barley / G. V. Shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, D. I. Frolov // XXI century: results of the past and problems of the present plus. - 2014. - No. 6(22). - pp. 103-109. – EDN TKJLIH.
- [15] Rational technological parameters in the production of a polycomponent composite based on flax seeds / V. M. Zimnyakov, O. N. Kukharev, A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Niva Povolzhya. - 2017. - No. 4 (45). - pp. 157-163. – EDN ZTIERL.

Сведения об авторах

Information about the authors

Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru	Frolov Dmitriy Ivanovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(937) 408-35-28 E-mail: surr@bk.ru
Боровков Ярослав Евгеньевич магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: E-mail:	Borovkov Yaroslav Evgenievich undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University Phone: E-mail:

Продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от применения микробиологического препарата Фитоспорин-М в технологии No-till

Чекаев Н.П., Галиуллин А.А.

Аннотация. В статье показаны результаты исследований, проведенные в ООО «Камешкирский комбикормовый завод» Камешкирского района Пензенской области при возделывании сельскохозяйственных культур по технологии No-till. Инокуляция семян и опрыскивание посевов микробиологическим препаратом Фитоспорин-М достоверно повысила урожайность зерна яровой пшеницы от 0,13 до 0,32, гороха на 0,17-0,32, подсолнечника 0,16-0,28 т/га. При этом наблюдали повышение качественных показателей. Наиболее высокий эффект достигается при совместном применении инокуляции семян перед посевом и опрыскиванием культуры в течение вегетации. Совместное применение микробиологического препарата Фитоспорин-М при инокуляции семян и опрыскивании посевов в течение вегетации снижает фитопатогенную активность грибов в почве и на оставшихся растительных остатках, что подтверждает способность улучшения фитосанитарного состояния почвы при применении данного препарата.

Ключевые слова: микробиологический препарат, Фитоспорин-М, урожайность, фитопатогенная активность, No-till.

Для цитирования: Чекаев Н.П., Галиуллин А.А. Продуктивность сельскохозяйственных культур в зависимости от применения микробиологического препарата Фитоспорин-М в технологии No-till // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 91–97.

Productivity of agricultural crops depending on the use of the microbiological preparation Phytosporin-M in No-till technology

Chekaev N.P., Galiullin A.A.

Abstract. The article shows the results of research conducted in the Kameshkir Feed Mill LLC of the Kameshkir district of the Penza region in the cultivation of agricultural crops according to the No-till technology. Inoculation of seeds and spraying of crops with a microbiological preparation of Phytosporin-M significantly increased the yield of spring wheat grain from 0.13 to 0.32, peas by 0.17-0.32, sunflower 0.16-0.28 t/ha. At the same time, an increase in quality indicators was observed. The highest effect is achieved with the combined application of seed inoculation before sowing and spraying of the crop during vegetation. The combined use of the microbiological preparation Phytosporin-M during seed inoculation and spraying of crops during the growing season reduces the phytopathogenic activity of fungi in the soil and on the remaining plant residues, which confirms the ability to improve the phytosanitary condition of the soil when using this drug.

Keywords: microbiological preparation, Phytosporin-M, yield, phytopathogenic activity, No-till.

For citation: Chekaev N.P., Galiullin A.A. Productivity of agricultural crops depending on the use of the microbiological preparation Phytosporin-M in No-till technology. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 91–97. (In Russ.).

Введение

В последнее время в нашей стране и за рубежом разработан целый ряд биопрепаратов на основе различных штаммов бактерий и грибов, обладающих комплексом полезных свойств, для повышения почвенного плодородия и продуктивности культурных растений, защиты их от фитопатогенной микрофлоры, повышения качества урожая, снижения норм внесения минеральных удобрений и пестицидов [1-3, 11, 12].

Для ослабления отрицательного воздействия на растение неблагоприятных условий, более полной реализации и повышения потенциала продуктивности сельскохозяйственных культур ведется поиск эффективных и безопасных физиологически активных веществ, применение которых позволило бы управлять растительным организмом [4-8]. Один из вариантов таких веществ – микробиологические препараты, которые вместе с органическими добавками составляют основу так называемого «органического земледелия» [9, 10].

Целью исследований является изучение эффективности инокуляции семян и фоллиарной обработки растений микробиологическим препаратом Фитоспорин-М при возделывании сельскохозяйственных культур в технологиях No-till.

Объекты и методы исследований

Исследования проводились в 2019-20 гг. в условиях Пензенской области (Камешкирский район ООО «Камешкирский комбикормовый завод») по следующей схеме:

1. Без биопрепарата (контроль); 2. Инокуляция семян 1 л/т; 3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га; 4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га.

Микробиологический препарат Фитоспорин-М является биофунгицидом, основным активным компонентом является живая споровая бактерия *Bacillus subtilis* – сенная палочка.

Опрыскивание посевов проводилось совместно с гербицидной обработкой (яровая пшеница –

кущение, горох – 6-7 листьев, подсолнечник до 6 листьев).

Учет урожая проводили весовым методом поделочно. Содержание белка в зерне (ГОСТ 10846-91). Содержание клейковины в зерне пшеницы определялось ручным методом (ГОСТ Р 54478-2011). Качество зерна пшеницы определяли на приборе ИДК-3М. Масличность подсолнечника по ГОСТ 22391-2015.

Результаты и их обсуждение

Урожайность зерна яровой пшеницы на опытах в сложившихся погодных условиях 2019 года колебалась в пределах от 2,34 до 2,69 т/га и была самой низкой на варианте без удобрений (таблица 1). Применение биопрепарата Фитоспорин-М увеличивало урожайность зерна яровой пшеницы на 0,17-0,35 т/га.

Результаты исследований по определению урожайности зерна яровой пшеницы в 2020 году показали, что применение препарата Фитоспорин-М повышали урожайность зерна на 0,10-0,30 т/га. Наибольшие прибавки урожая зерна пшеницы в опыте получены на варианте с совместным применением инокуляции семян и опрыскивании посевов по вегетации.

В среднем за 2 года исследований урожайность зерна составила 2,24-2,56 т/га, прибавки от способов применения Фитоспорины составили 0,13-0,32 т/га. Наибольшая урожайность получена при совместном применении инокуляции семян и опрыскивании посевов в фазу кущения.

Важными качественными показателями яровой пшеницы в Российской Федерации являются содержание белка и клейковины в зерне. Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы в 2019 году составляло 23,3-25,0 %. Применение биопрепарата повысили содержание клейковины на 0,5 -1,7 %. Содержание белка в зерне повысилось на 0,55-0,84 % (Таблица 2).

В 2020 году содержание клейковины в зерне было ниже по сравнению с 2020 годом и составили 22,4-23,9 %. Прибавки по отношению к контролю составили 0,3-1,5 %. Содержание белка в зерне со-

Таблица 1 – Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от применения препарата Фитоспорин-М

Вариант	Урожайность зерна, т/га			Отклонения от контроля, т/га	Отклонения от контроля, %
	2019	2020	среднее		
1. Без биопрепарата (контроль)	2,34	2,13	2,24		
2. Инокуляция семян 1 л/т	2,6	2,37	2,49	0,25	10,9
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га	2,51	2,23	2,37	0,13	5,8
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	2,69	2,43	2,56	0,32	14,3
НСР ₀₅	0,13	0,11			

Таблица 2 – Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от применения препарата Фитоспорин-М

Вариант	2019 г.			2020 г.			Среднее за 2019-2020 гг.				
	клейковина, %	ИДК, ед.	белок, %	клейковина, %	ИДК, ед.	белок, %	Белок, %	Отклонение от контроля	Клейковина, %	Отклонение от контроля	ИДК, ед.
1. Без биопрепарата (контроль);	23,3	72,2	13,17	22,4	66,9	12,6	12,89	-	22,9	-	69,6
2. Инокуляция семян 1 л/т;	24,7	67,7	13,72	23,9	65,4	13,51	13,62	0,73	24,3	1,4	66,6
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га;	23,8	68,5	13,95	22,7	72,1	13	13,48	0,58	23,3	0,4	70,3
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га.	25	75,3	14,01	23,5	76,4	13,19	13,6	0,71	24,3	1,4	75,9
НСР ₀₅	0,9	2,1	0,7	1,1	0,9	0,5					

Таблица 3 – Урожайность гороха в зависимости от применения препарата Фитоспорин-М

Вариант	2019 г.		2020 г.		среднее за 2019-2020 гг.			
	урожайность, т/га	белок, %	урожайность, т/га	белок, %	Урожайность, т/га	Отклонение от контроля, т/га	Белок, %	Отклонение от контроля, %
1. Без биопрепарата (контроль)	2,03	26,77	1,47	25,94	1,75	-	26,36	-
2. Инокуляция семян 1 л/т	2,27	27,94	1,75	27,13	2,01	0,26	27,54	1,18
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га	2,13	26,97	1,7	26,44	1,92	0,17	26,7	0,34
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	2,33	27,8	1,81	26,94	2,07	0,32	27,37	1,01
НСР ₀₅	0,11	0,43	0,1	0,32				

ставляло от 12,6 до 13,19 %, при этом прибавки по отношению контролю составили 0,40-0,91 %.

Оценка средних значений за 2019-2020 гг. показал, что содержание белка составляло 12,89-13,62 %. Применение биопрепарата Фитоспорин-М повысило содержание белка на 0,58-0,73 %. Наилучшие показатели содержания белка в зерне отмечены на вариантах с применением инокуляции семян.

Содержание клейковины на опытах в среднем за два года за счет применения биопрепарата повысилось на 0,4-1,4 %, при содержании его на контрольном варианте 22,9 %. Таким образом, применение биопрепарата позволило получить зерно третьего класса первой группы качества.

В условиях вегетационного периода 2019 года урожайность гороха была на уровне 2,03-2,33 т/га. Урожайность на контрольном варианте составила 2,03 т/га (таблица 3). Разные приемы применения Фитоспорина-М повысили урожайность на 0,10-0,30 т/га. Наибольшие значения получены на варианте с совместным применением инокуляции семян и опрыскивании по вегетации. Содержания белка в зерне составляло 26,77-27,94 %.

В 2020 году урожайность гороха на вариантах была ниже по сравнению с 2019 годом и составляла от 1,47-1,81 т/га. Прибавки урожайности от применения биопрепарата составили 0,23-0,34 т/га.

Оценка средних значений за 2019-2020 гг. показывает, что урожайность в зависимости от приемов применения биопрепарата Фитоспорин-М составляло от 1,92-2,07 т/га. Прибавки по отношению к контролю составили 0,17-0,32 т/га или 9,4-18,3 %. Лучшие значения отмечены на варианте с совместным применением инокуляции семян и опрыскивании посевов. На варианте с применением биопрепарата только по вегетации культуры прибавка была самой низкой.

Средние значения содержания белка в семенах гороха составили 26,36-27,54 %. Прибавки от применения биопрепарата составили 0,34-1,18 %. Лучший показатель получен на варианте с инокуляцией семян перед посевом. Применение биопрепарата по вегетации позволило повысить содержание белка на 0,34 %.

Исследования выявили положительное действие биопрепарата на урожайность маслосемян подсолнечника (таблица 4).

Урожайность маслосемян на опытах в сложив-

Таблица 4 – Урожайность подсолнечника в зависимости от применения препарата Фитоспорин-М

Вариант	Количество семян в корзинке, шт.	Масса 1000 семян, г	Урожайность маслосемян, т/га	Отклонения от контроля, т/га
2019 г.				
1. Без биопрепарата (контроль)	924	49,2	1,89	-
2. Инокуляция семян 1 л/т	981	51,2	2,09	0,2
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га	956	50,9	2,03	0,14
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	996	52,3	2,17	0,28
НСР ₀₅	26	1,5	0,09	
2020 г.				
1. Без биопрепарата (контроль)	942	50,2	1,95	-
2. Инокуляция семян 1 л/т	1003	52,3	2,11	0,16
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га	981	52,1	2,13	0,18
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	1022	52,6	2,22	0,27
НСР ₀₅	32	1,2	0,11	
Среднее 2019-2020 гг.				
1. Без биопрепарата (контроль)	933	49,7	1,92	-
2. Инокуляция семян 1 л/т	992	51,8	2,1	0,18
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га	968	51,5	2,08	0,16
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	1009	52,5	2,2	0,28

Таблица 5 – Масличность семян подсолнечника и сбор масла при применении препарата Фитоспорин-М

Вариант	Масличность, %	Сбора масла, кг/га	Прибавка к контролю	
			кг/га	%
2019 г.				
1. Без биопрепарата (контроль)	47,6	899,6		
2. Инокуляция семян 1 л/т	49,1	1026,2	126,6	14,1
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га	48,5	984,6	84,9	9,4
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	49,7	1078,5	178,9	19,9
2020 г.				
1. Без биопрепарата (контроль)	48,6	947,7		
2. Инокуляция семян 1 л/т	49,7	1048,4	100,7	10,6
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га	49,2	1047,5	99,8	10,5
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	50,5	1121	173,3	18,3
Среднее 2020-2021 гг.				
1. Без биопрепарата (контроль)	48,1	923,5		
2. Инокуляция семян 1 л/т	49,4	1037,3	113,8	12,3
3. Опрыскивание посевов по вегетации культуры 1 л/га	48,8	1015,9	92,4	10
4. Инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	50,1	1099,6	176,1	19,1

шихся метеорологических условиях 2019 г. определялась в зависимости от приема применения биопрепарата Фитоспорин-М и составила 2,03-2,17 т/га с прибавками урожайности 0,14-0,28 т/га или 7,3-14,8 %. Повышение урожайности маслосемян подсолнечника связано с увеличением количества семян в корзинке и массы 1000 семян. Количество семян в корзинке на вариантах с применением препарата составило 956-996 шт. с массой 1000 семян 50,9-52,3 г.

В условиях 2020 года урожайность на опытах составила 1,95-2,22 т/га. Прибавки от приемов применения биопрепарата Фитоспорин-М составили

0,16-0,27 т/га. Наибольшие показатели урожайности маслосемян как в 2019, так и 2020 году получены на варианте с совместным применением биопрепарата при инокуляции семян и опрыскивании посевов по вегетации.

Оценка средних значений за два года исследований показал, что количество семян в корзинке повысилось на 35-76 шт., масса 1000 семян на 1,8-2,8 г, а урожайность маслосемян на 0,16-0,28 т/га или на 8,2-14,4 %.

Таблица 6 – Микозный анализ почвы и стерни в зависимости от применения Фитоспорина-М (данные ГБУ Пензенской области «Пензенская областная ветеринарная лаборатория» 2020 г.)

Наименование грибных колоний	Культуры			
	яровая пшеница		подсолнечник	
	без биопрепарата (контроль)	инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га	без биопрепарата (контроль)	инокуляция семян 1 л/т + опрыскивание посевов 1 л/га
В почве, кол-во колоний, шт.				
<i>Mucor Racemosus</i>	4	0	14	4
<i>Penicilium purpurogenum</i>			13	6
<i>Aspergillus flavus</i>			71	36
<i>Trichoderma koningii</i>	3	0		
<i>Alternaria tenuis</i>	5	1		
На стерне, кол-во, шт.				
<i>Mucor Racemosus</i>			5	2
<i>Penicilium purpurogenum</i>	4	3	31	15
<i>Aspergillus flavus</i>			57	28
<i>Trichoderma koningii</i>	1	0		
<i>Alternaria tenuis</i>	4	1		

Влияние приемов применения биопрепарата Фитоспорин-М на масличность семян подсолнечника было положительным (таблица 5).

В условиях вегетационного периода 2019 года содержание масла в семенах подсолнечника на варианте без удобрений составило 47,6 %. Разные приемы применения биопрепарата Фитоспорин-М повысили масличность семян на 0,9-2,1 %, что привело увеличению сбора масла с 1 га. Применение препарата повысило сбор масла на 84,9-178,9 кг/га. Наилучшие значения наблюдали на варианте с совместным применением биопрепарата при инокуляции и опрыскивании посевов.

В 2020 году масличность в зависимости от разных приемов применения биопрепарата повысилась на 0,6-1,9 %, а сбор масла на 99,8-173,3 кг/га. Как и в 2019 году лучшие значения масличности и сбора масла были на варианте с совместным применением биопрепарата при инокуляции семян и опрыскивании посевов.

Анализ средних значений за 2019-2020 гг. показал, что масличность в зависимости от приемов применения биопрепарата составила 48,8-50,1 %, что было выше контрольного варианта на 0,7-2,0 %. Выход масла с 1 га в зависимости от применения биопрепарата увеличился на 92,4-176,1 кг/га. Наиболее эффективным приемом использования биопрепарата Фитоспорин-М на подсолнечнике оказался совместное применение инокуляции семян и опрыскивании посевов в течение вегетации.

Анализ почвенных проб и стерневых остатков, отобранных после уборки возделываемых культур показал, что применение микробиологического препарата Фитоспорин-М снижает фитопатогенную активность грибов в почве и на оставшихся растительных остатках, что подтверждает улучшение

фитосанитарного состояния почвы при применении данного препарата.

При анализе почв наблюдается резкое снижение количества колоний *Mucor Racemosus* как после яровой пшеницы, так и после уборки подсолнечника в варианте с использованием Фитоспорина-М. Снижение составило 3-4 раза по сравнению с контролем. Резкое снижение колоний *Alternaria tenuis* наблюдается в почве и на растительных остатках после уборки яровой пшеницы. По стальным исследованным фитопатогенным микроорганизмам, таким как *Penicilium purpurogenum*, *Aspergillus flavus*, *Trichoderma koningii* наблюдается снижение в 2 раза.

Выводы

Применение микробиологического препарата Фитоспорин М повышала продуктивность яровой пшеницы в зависимости от способа применения на 5,8-14,3 %, гороха – 9,7-18,2 %, подсолнечника – 9,4-14,6 %, при этом отмечалось улучшение качества произведенной растениеводческой продукции.

Применение биологического препарата Фитоспорин-М при инокуляции семян и опрыскивании посевов в течение вегетации снижает фитопатогенную активность грибов в почве и на оставшихся растительных остатках, что подтверждает улучшение фитосанитарного состояния почвы при применении данного препарата. Проведенные исследования подтверждают, что использование микробиологического препарата Фитоспорин-М в технологиях No-till поможет снизить пестицидную нагрузку на агроэкосистемы с получением эффективной урожайности и качественной растениеводческой продукции.

Литература

- [1] Базаева Л.М., Алборова П.В., Ханаева Д.К., Козырев А.Х. Агроэкологические приемы повышения иммунных и продуктивных свойств озимой пшеницы. Агропродовольственная политика России. 2017. № 11(71). С.102-105. EDN: ZVYXLF
- [2] Васильченко С.А., Метлина Г.В., Лактионов Ю.В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органомикс на урожайность зерна кукурузы на юге Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С.81–85. DOI:10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85. EDN: ATURJZ
- [3] Гармашов В.М., Гармашова Л.В. Биологическая активность чернозема обыкновенного при освоении технологии no-till. Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 12-1(102). С. 131-135. DOI 10.23670/IRJ.2020.102.12.021. EDN LBDJKQ.
- [4] Зыков С.А. Биопрепараты в современном земледелии. АгроФорум. 2019. № 3. С. 21-27. – EDN TVMYRF.
- [5] Паштецкий В.С., Радченко Л.А., Турин Е.Н., Женченко К. Г., Гонгало А.А. Абдурашитова Э.Р., Еговтсева А.Ю. Результаты применения комплексного микробиологического препарата на горохе посевном при прямом посеве (no-till) в Крыму. Плодородие. 2020. № 6(117). С. 69-72. DOI 10.25680/S19948603.2020.117.20. EDN QKVBW.
- [6] Тиранов А. Б. Влияние микробиологических удобрений на урожайность ярового рапса и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях Новгородской области. Плодородие. 2020. № 2(113). С. 43-46. DOI 10.25680/S19948603.2020.113.13. EDN EIHXS.
- [7] Фарниев А.Т., Сабанова А.А., Худиева И.А. Биологическая эффективность применения микробных биопрепаратов при возделывании вики озимой. Сурский вестник. 2019. №4 (8). С. 40-43. EDN: QACVTB
- [8] Фатина П.Н. Применение микробиологических препаратов в сельском хозяйстве. Вестник Астраханского государственного технического университета. 2007. № 4(39). С. 133-136. – EDN KVHFQZ.
- [9] Чекаев Н.П., Блинохватова Ю.В., Нуштаева А.В., Ногаев В.О. Действие микробиологических удобрений и химических протравителей на посевные качества семян сельскохозяйственных культур. Нива Поволжья. 2022. № 1(61). С. 01003. – DOI 10.36461/NP.2022.61.1.009. – EDN DDUAPA.
- [10] Alberton D, Valdameri G, Moure V, Müller-Santos M, de Souza E What Did We Learn From Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR)-Grass Associations Studies Through Proteomic

References

- [1] Bazaeva L.M., Alborova P.V., Khanaeva D.K., Kozzyrev A.H. Agroecological techniques for improving the immune and productive properties of winter wheat. Agro-food policy of Russia. 2017. No. 11(71). pp.102-105. EDN: ZVYXLF
- [2] Vasilchenko S.A., Metlina G.V., Laktionov Yu.V. The effect of the use of biological preparations and Organomix microelement fertilizer on the yield of corn grain in the south of the Rostov region. Grain farming in Russia. 2021. No. 5(77). pp.81-85. DOI:10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85. EDN: ATURJZ
- [3] Garmashov V.M., Garmashova L.V. Biological activity of ordinary chernozem during the development of no-till technology. International Research Journal. 2020. No. 12-1(102). pp. 131-135. DOI 10.23670/IRJ.2020.102.12.021. EDN LBDJKQ.
- [4] Zikov S.A. Biological products in modern agriculture. AgroForum. 2019. No. 3. pp. 21-27. – EDN TVMYRF.
- [5] Pashtetsky V.S., Radchenko L.A., Turin E.N., Zhenchenko K. G., Gongalo A.A. Abdurashitova E.R., Egovtseva A.Yu. Results of application of a complex microbiological preparation on seeded peas in direct sowing (no-till) in the Crimea. Fertility. 2020. No. 6(117). pp. 69-72. DOI 10.25680/S19948603.2020.117.20. EDN QKVBW.
- [6] Tyranov A. B. The influence of microbiological fertilizers on the yield of spring rapeseed and the fertility of sod-podzolic soil in the conditions of the Novgorod region. Fertility. 2020. No. 2(113). pp. 43-46. DOI 10.25680/S19948603.2020.113.13. EDN EIHXS.
- [7] Farniev A.T., Sabanova A.A., Khudieva I.A. Biological effectiveness of microbial biological products in the cultivation of winter vetch. Sursky Bulletin. 2019. No.4 (8). pp. 40-43. EDN: QACVTB
- [8] Fatina P.N. Application of microbiological preparations in agriculture. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. 2007. No. 4(39). pp. 133-136. – EDN KVHFQZ.
- [9] Chekaev N.P., Blinokhvatoeva Yu.V., Nushtaeva A.V., Nogaev V.O. The effect of microbiological fertilizers and chemical mordants on the sowing qualities of seeds of agricultural crops. The field of the Volga region. 2022. No. 1(61). p. 01003. – DOI 10.36461/NP.2022.61.1.009. – EDN DDUAPA.
- [10] Alberton D, Valdameri G, Moure V, Müller-Santos M, de Souza E What Did We Learn From Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR)-Grass Associations Studies Through Proteomic and Metabolomic Approaches? Frontiers in Sustainable Food Systems. 2020. Vol. 4. P. 607343. DOI 10.3389/fsufs.2020.607343. EDN OGYBZR.
- [11] Latkovic D., Maksimovic J., Dinic Z., Stanojkovic A., Stanojkovic-Sebic A. Article case study upon foliar application of biofertilizers affecting microbial biomass and enzyme activity in soil and yield related properties of maize and wheat grains. Biology. 2020. Vol. 9.

- and Metabolomic Approaches? *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020. Vol. 4. P. 607343. DOI 10.3389/fsufs.2020.607343. EDN OGYBZR.
- [11] Latkovic D., Maksimovic J., Dinic Z., Stanojkovic A., Stanojkovic-Sebic A. Article case study upon foliar application of biofertilizers affecting microbial biomass and enzyme activity in soil and yield related properties of maize and wheat grains. *Biology*. 2020. Vol. 9. No 12. P. 1-19. DOI 10.3390/biology9120452. EDN ZKVGJH.
- [12] Nunes M.R., Karlen D.L., Cambardella C.A., Denardin J.E. Corn root and soil health indicator response to no-till production practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2019. Vol. 285. P. 106607. DOI 10.1016/j.agee.2019.106607. EDN NRFJLH.

Сведения об авторах

Information about the authors

Чекаев Николай Петрович кандидат сельскохозяйственных наук заведующий кафедрой «Почвоведение, агрохимия, химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(841) 262-85-65 E-mail: chekaev.n.p@pgau.ru	Chekaev Nikolay Petrovich PhD in Agricultural Sciences head of the department of «Soil Science, Agrochemistry, Chemistry» Penza State Agricultural University Phone: +7(841) 262-85-65 E-mail: chekaev.n.p@pgau.ru
Галиуллин Альберт Амирович кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры «Переработка сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30 Тел.: +7(841) 262-81-51 E-mail: galiullin.a.a@pgau.ru	Galiullin Albert Amirovich PhD in Agricultural Sciences associate professor at the department of «Processing of Agricultural Products» Penza State Agricultural University Phone: +7(841) 262-81-51 E-mail: galiullin.a.a@pgau.ru

Тепловой баланс воздушного солнечного коллектора в системе естественной вентиляции коровника

Шкуратов Г.В., Михайличенко С.М.

Аннотация. Актуальность проблемы обусловлена необходимостью формирования требуемого микроклимата в животноводческих помещениях в условиях импортозамещения дорогих и быстро изнашиваемых шторных систем естественной вентиляции. Одним из путей совершенствования таких систем для помещений крупного рогатого скота является использование воздушных солнечных коллекторов в виде вентиляционно-отопительных панелей вместо штор. Подобная система обеспечивает не только вентиляцию животноводческого помещения, но и подогрев приточного воздуха, поступающего в него. Оценка теплотехнических характеристик воздушного солнечного коллектора с учетом переменных внешних факторов окружающей среды основана на учете температуры его тепловоспринимающей поверхности в течение суток. Эта зависимость связывает переменные внешние факторы окружающей среды с конструктивно-технологическими параметрами воздушного солнечного коллектора, что позволяет провести моделирование его теплопроизводительности в зависимости от различных внешних условий. На основании теплового баланса воздушного солнечного коллектора получено дифференциальное уравнение первого порядка в виде задачи Коши. В результате ее решения найдена зависимость температуры тепловоспринимающей поверхности воздушного солнечного коллектора от времени его работы в условиях переменных внешних факторов. При этом приняты допущения о том, что плотность потока солнечной энергии имеет квадратичную зависимость от времени суток, а температура подогретого воздуха прямо пропорциональна температуре тепловоспринимающей поверхности воздушного солнечного коллектора. Полученное выражение позволяет прогнозировать выходные теплотехнические характеристики системы естественной вентиляции.

Ключевые слова: вентиляция, помещение, коллектор, теплопроизводительность, шторы.

Для цитирования: Шкуратов Г.В., Михайличенко С.М. Тепловой баланс воздушного солнечного коллектора в системе естественной вентиляции коровника // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 3. С. 98–104.

Thermal balance of the air solar collector in the natural ventilation system of the cowshed

Shkuratov G.V., Mikhailichenko S.M.

Abstract. The urgency of the problem is due to the need to form the required microclimate in livestock premises in the conditions of import substitution of expensive and quickly worn-out curtain systems of natural ventilation. One of the ways to improve such systems for cattle premises is the use of air solar collectors in the form of ventilation and heating panels instead of curtains. Such a system provides not only ventilation of the livestock premises, but also heating of the supply air entering it. The assessment of the thermal characteristics of an air solar collector, taking into account the variables of external environmental factors, is based on taking into account the temperature of its heat-receiving surface during the day. This dependence connects variable external environmental factors with the design and technological parameters of an air solar collector, which allows modeling its heating capacity depending on various external conditions. Based on the thermal balance of the air solar collector, a first-order differential equation in the form of the Cauchy problem is obtained. As a result of its solution, the dependence of the temperature of the heat-receiving surface of the air solar collector on the time of its operation under conditions of variable external factors is found. At the same time, assumptions are made that the density of the solar energy flow has a quadratic dependence on the time of day, and the temperature of the heated air is directly proportional to the temperature of the heat-receiving surface of the air solar collector. The resulting expression makes it possible

to predict the output thermal characteristics of the natural ventilation system.

Keywords: ventilation, room, collector, heating capacity, curtains.

For citation: Shkuratov G.V, Mikhailichenko S.M. Thermal balance of the air solar collector in the natural ventilation system of the cowshed. *Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]*. 2022. Vol. 9. No. 3. pp. 98–104. (In Russ.).

Введение

Основным способом создания и поддержания микроклимата в помещениях крупного рогатого скота является устройство естественной вентиляции. При искусственной вентиляции как показывают расчеты коровников в условиях Сибири в зимний период до 30 % удоя (в денежном эквиваленте) необходимо отдавать на поддержание необходимого микроклимата.

Одним из вариантов обеспечения естественной вентиляции в животноводческом помещении являются шторы: скручивающиеся и складывающиеся (рис. 1). Последние технически просты, однако применяются значительно реже, так как тент при складывании переносит большие нагрузки (появление гармошки) и образующиеся складки являются привлекательным местом для грызунов. Более эффективные шторы, имеющие два привода и открывающиеся от центра стены к периферии. Однако данный вариант за счет использования двух приводов более дорогостоящий.

Так же существуют надувные шторы, но они

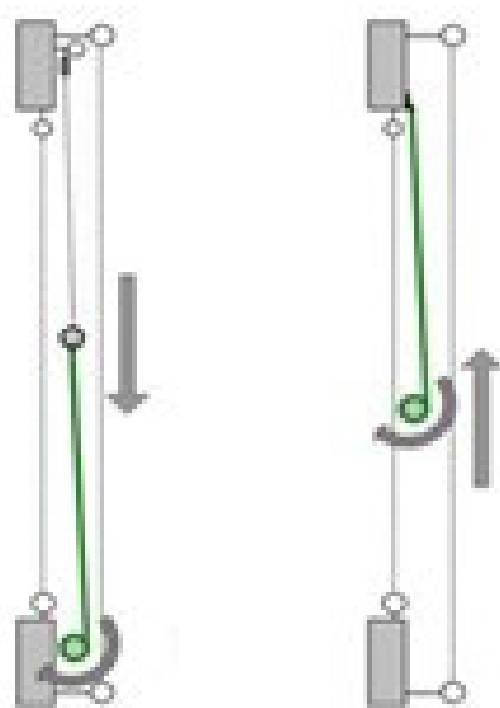


Рис. 1. Складывающиеся шторы: а – открывающиеся сверху; б – открывающиеся снизу

энергозатратны и быстро изнашиваются. Ещё одним вариантом вентиляции животноводческих помещений является использование вентиляционных жалюзи. Они могут быть изготовлены из разного материала иметь разные направления, а так же способы открывания.

Панели – еще один вариант забора воздуха через стены коровников (рис. 2). Они плотно прилегают к стене, сохраняя тепло зимой, и хорошо пропускают дневной свет, не требуя при этом таких больших проемов, как шторы.

Серьёзный недостаток данных систем естественной вентиляции – попадание пыли, птиц в помещение, отсутствие контроля воздушного потока. Из практики известно, что скорость движения воздуха в помещениях для содержания скота зимой должна быть от 0,2 до 0,5 м/с [8]. Сквозняки, то есть движение воздуха с большей скоростью, вызывают переохлаждение животных в холодные периоды года. Превышение этой скорости на 1 м/с соответствует падению температуры в помещении на несколько градусов.

Конечно, отсутствия сквозняков можно добиться путем минимального открытия штор (панелей). Но тогда в этом случае вентиляция будет недостаточной и приведет к накоплению влаги и вредных газов, что также неблагоприятно влияет на здоровье и продуктивность животных.

С целью повышения эффективности естественной вентиляции, снижения экономических затрат на поддержание требуемого микроклимата на основании имеющегося опыта применения геотермальных стен зданий была предложена система естественной вентиляции коровников на основе вентиляционно-отопительных панелей, которые представляют собой ряд вертикальных воздушных солнечных коллекторов (рис. 3), установленных на наружных стенах коровника [2].

Различные периоды года требуют различных режимов вентиляции или отопления. В вентиляционно-отопительной панели предусмотрена возможность регулирования режимов вентиляции за счет различного положения поворотных заслонок: вентиляция с подачей подогретого воздуха в коровник; вентиляция с удалением избыточной влаги и теплоты из коровника; замкнутый режим обогрева.

Такие панели устанавливаются снаружи на стенах коровника и обеспечивают совместно с вытяжными шахтами или световентиляционным конь-



а)



б)

Рис. 2. Вентиляционные шторы: а – рулонные; б – подъемные

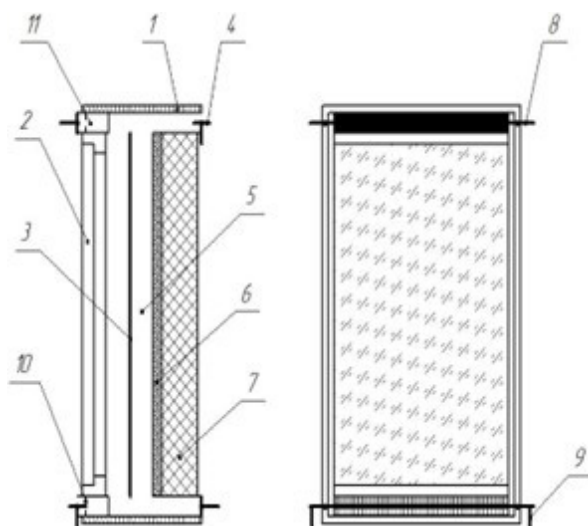


Рис. 3. Вентиляционно-отопительная панель:

1 – рама; 2 – светопрозрачное покрытие; 3 – тепловоспринимающая поверхность; 4 – поворотные заслонки; 5 – внутренний воздушный канал; 6 – стенка канала; 7 – теплоизоляция; 8 – ось заслонки; 9 – рычаг заслонки; 10 – сетка; 11 – верхний канал

ком функционирование системы естественной вентиляции помещения.

Для прогнозирования теплотехнических характеристик воздушного солнечного коллектора необходимо знать изменение температуры его тепловоспринимающей поверхности в течение суток с учетом переменных факторов окружающей среды. Такая зависимость позволит связать параметры переменных внешних факторов с конструктивно-технологическими параметрами воздушного солнечного коллектора [7, 9].

Аналогичные задачи в последнее время решались для комбинированного теплообменника сушилки аэродинамического нагрева, включающего в себя горизонтальный воздушный солнечный коллектор [1, 3, 4, 5].

Подход к решению такой задачи для системы естественной вентиляции коровника представлен в [2]. Однако, как показала практика расчетов, принятое допущение о пропорциональности энтальпии атмосферного воздуха плотности потока солнечной энергии не корректно и приводит к большой погрешности в расчетах.

Целью работы является уточнение математической модели теплового баланса воздушного солнечного коллектора и установление на ее основе зависимости температуры тепловоспринимающей поверхности коллектора от переменных факторов окружающей среды. Для достижения цели необходимо принять корректные допущения в математической модели и с их учетом получить искомую зависимость.

Объекты и методы исследований

Методы

На основании [2] уравнение теплового баланса воздушного солнечного коллектора за бесконечно малый промежуток времени dt :

$$dQ_1 + dQ_2 = dQ_3 + dQ_4 + dQ_5, \text{ Дж}, \quad (1)$$

где dQ_1 – количество теплоты, поступившей в коллектор с атмосферным воздухом;

dQ_2 – количество теплоты, поступившей с солнечной энергией и поглощенной тепловоспринимающей поверхностью;

dQ_3 – количество теплоты, отведенной подогретым атмосферным воздухом после теплообмена с тепловоспринимающей поверхностью;

dQ_4 – количество теплоты, идущей на нагрев тепловоспринимающей поверхности;

dQ_5 – потери теплоты в окружающую среду.

Аналогично количество теплоты, поступившей в коллектор с атмосферным воздухом,

$$dQ_1 = L_0 i_0(t) dt, \quad (2)$$

где L_0 – расход атмосферного воздуха, кг/с;

$i_0(t)$ – энтальпия атмосферного воздуха в зависимости от времени суток, Дж/кг.

Количество теплоты, поступившей с солнечной энергией и поглощенной тепловоспринимающей поверхностью,

$$dQ_2 = q(t) F_s \varepsilon dt, \quad (3)$$

где $q_{с.с.}(t)$ – плотность потока солнечной энергии в зависимости от времени в течение суток, Вт/м²;

F_s – площадь тепловоспринимающей поверхности, м²;

ε – степень черноты поверхности.

Количество теплоты, отведенной подогретым воздухом после теплообмена с тепловоспринимающей поверхностью,

$$dQ_3 = L_0 i_1(t) dt, \quad (4)$$

где $i_1(t)$ – энтальпия подогретого воздуха в зависимости от времени суток, Дж/кг.

Количество теплоты, идущей на нагрев тепловоспринимающей поверхности,

$$dQ_4 = MCdT, \quad (5)$$

где M – масса тепловоспринимающей поверхности, кг;

C – теплоёмкость материала тепловоспринимающей поверхности, кДж/(кг·К);

dT – приращение температуры тепловоспринимающей поверхности, К.

Потери теплоты в окружающую среду

$$dQ_5 = kF (T_1(t) - T_o(t)) dt, \quad (6)$$

где k – коэффициент теплопередачи через ограждения коллектора, Вт/(м²·К);

F – площадь ограждений, м²;

$T_1(t)$ – температура подогретого воздуха в коллекторе, К;

$T_o(t)$ – температура окружающей среды в зависимости от времени суток, К.

Подставив полученные выражения (2-6) в уравнение (1), получим:

$$\begin{aligned} L_0 i_0(t) dt + q(t) F_s \varepsilon dt = \\ = L_0 i_1(t) dt + MCdT + \\ + kF (T_1(t) - T_o(t)) dt \end{aligned} \quad (7)$$

После преобразований уравнения (7) получим:

$$\left(L_0 i_0(t) + q(t) F_s \varepsilon - L_0 i_1(t) - kF (T_1(t) - T_o(t)) \right) dt = MCdT. \quad (8)$$

Требуется найти зависимость $T = f(t)$.

Результаты

Вместо некорректного допущения о пропорциональности энтальпии атмосферного воздуха плотности потока солнечной энергии, используем известную зависимость, принятую в [2] для энтальпии подогретого воздуха [10]. То есть функции $i_0(t)$ и $i_1(t)$ выражаем в виде:

$$i_0(t) = C_A T_o(t) + 0,001x (r_0 + C_o T_o(t)), \quad (9)$$

$$i_1(t) = C_A T_1(t) + 0,001x (r_0 + C_o T_1(t)), \quad (10)$$

где C_c – теплоемкость сухого воздуха, кДж/(кг·К);

x – влагосодержание воздуха, г/кг;

r_0 – удельная теплота парообразования при температуре 0 °С;

C_o – теплоемкость пара, кДж/(кг·К).

Тогда, с учетом выражений (9) и (10) уравнение (8) будет иметь вид

$$\left(q(t) F_s \varepsilon - (T_1(t) - T_o(t)) \cdot \left(kF + L_0 (C_A + 0,001x) \right) \right) dt = MCdT. \quad (11)$$

Температура подогретого воздуха $T_1(t)$ связана с температурой тепловоспринимающей поверхности

$$T_1(t) = a_1 T(t) + b_1; \quad (12)$$

где a_1, b_1 – эмпирические коэффициенты.

Температура $T_o(t)$ очевидным образом связана с солнечной активностью. Примем, что

$$T_o(t) = a_o q(t) + b_o, \quad (13)$$

где a_o, b_o – эмпирические коэффициенты.

При этом полагаем, что

$$q(t) = at^2 + bt + c, \quad (14)$$

где a, b, c – эмпирические коэффициенты.

Тогда с учетом выражений (12-14) уравнение (11) после преобразований будет иметь вид:

$$\left((at^2 + bt + c) F_s \varepsilon - \left(a_1 T(t) + b_1 - a_o (at^2 + bt + c) - b_o \right) \cdot \left(kF + L_0 (C_A + 0,001x) \right) \right) dt = MCdT \quad (15)$$

Введем обозначения:

$$K = kF + L_0 (C_A + 0,001xC_o);$$

$$K_1 = MC;$$

$$K_2 = a (F_s \varepsilon + a_o K);$$

$$K_3 = b (F_s \varepsilon + a_o K);$$

$$K_4 = cF_s \varepsilon + (a_0 c - b_1 + b_0) K;$$

$$K_5 = a_1 K.$$

Тогда уравнение (15) примет вид:

$$(K_2 t^2 + K_3 t + K_4) dt - K_5 T_s(t) dt = K_1 dT \quad (16)$$

Итак, для определения температуры тепловоспринимающей поверхности $T(t)$ требуется решить задачу Коши:

$$\begin{cases} (K_2 t^2 + K_3 t + K_4) dt - K_5 T dt = K_1 dT \\ T(0) = T_0 \end{cases}, \quad (17)$$

где $(K_2 t^2 + K_3 t + K_4) dt - K_5 T dt = K_1 dT$ – дифференциальное уравнение первого порядка;

$T(0) = T_0$ – начальное условие;

T_0 – начальная температура тепловоспринимающей поверхности, К.

Общее решение дифференциального уравнения (17) имеет вид:

$$T = C_k e^{\frac{K_5 t}{K_1}} + \frac{K_2}{K_5} t^2 + \left(\frac{K_3}{K_5} - 2K_1 \frac{K_2}{K_5^2} \right) t + \frac{K_4 - \frac{K_1}{K_5} \left(K_3 - 2K_1 \frac{K_2}{K_5} \right)}{K_5}. \quad (18)$$

Константу C_k , входящую в это решение, найдём из начального условия $T(0) = T_0$:

$$C_k = T_0 - \frac{K_4 - \frac{K_1}{K_5} \left(K_3 - 2K_1 \frac{K_2}{K_5} \right)}{K_5}. \quad (19)$$

Подставляя значение константы C_k из (19) в (18), окончательно получим:

$$T = T(t) = (T_0 - T_*) 5^{-\lambda t} + At^2 + Bt + T_*, \quad (20)$$

$$\text{где } T_* = \frac{K_4 - \frac{K_1}{K_5} \left(K_3 - 2K_1 \frac{K_2}{K_5} \right)}{K_5}; \quad \lambda = \frac{K_5}{K_1};$$

$$A = \frac{K_2}{K_5}; \quad B = \left(\frac{K_3}{K_5} - 2K_1 \frac{K_2}{K_5^2} \right).$$

Получив искомое выражение (20), можно далее определить температуру тепловоспринимающей поверхности с учетом внешних факторов окружающей среды. Из выражения (12) далее можно будет определить температуру подогретого атмосферного воздуха, поступающего в коровник.

Обсуждение

Анализируя полученное выражение (20) и аналогичное выражение в [2] можно сделать вывод, что общая форма записи данного выражения не изменилась. Однако изменилось выражение через переменные уравнения (15) коэффициентов, входящих в уравнение (20). Корректировка сделанных допущений в исследовании позволит повысить точность расчетов температуры тепловоспринимающей поверхности с учетом факторов окружающей среды и прогнозировать выходные теплотехнические характеристики системы естественной вентиляции коровника. Аналогичный подход применительно к гелиосушительным установкам представлен в [6, 7], где показана корректность его применения для теплотехнических систем на основе воздушных солнечных коллекторов.

Выводы

В результате проведенного исследования уточнены допущения в математической модели теплового баланса воздушного солнечного коллектора в системе естественной вентиляции коровника. На основе уточненной модели получена зависимость температуры тепловоспринимающей поверхности воздушного солнечного коллектора от переменных факторов окружающей среды. Так как математическая модель включает ряд эмпирических зависимостей – выражения (12-14), то необходимо их экспериментальное определение при решении конкретных производственных задач.

Литература

- [1] Исаев, Х.М. Плодово-ягодная сушилка с комбинированным теплообменником / Х.М. Исаев, А.И. Купреенко, С.Х. Исаев // Сельский механизатор. 2020. № 1. С. 16-17. EDN: JYVENQ
- [2] Купреенко А.И. Тепловой баланс вентиляционно-отопительной панели / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, Г.В. Шкуратов. //

References

- [1] Isaev, H.M. Fruit and berry dryer with combined heat exchanger / H.M. Isaev, A.I. Kupreenko, S.H. Isaev // Rural mechanizer. 2020. No. 1. pp. 16-17. EDN: JYVENQ
- [2] Kupreenko A.I. Thermal balance of the ventilation and heating panel / A.I. Kupreenko, H.M. Isaev, G.V. Shkuratov. // VNIIMZH, No. 4 (24), 2016. From 24-27. EDN: WTRMEF

- ВНИИМЖ, № 4 (24), 2016. С 24-27. EDN: WTRMEF
- [3] Купреенко, А.И. Результаты испытания сушки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев // Инновации и технологический прорыв в АПК : сб. науч. тр. межд. науч.-пр. конф. Ч. 2. Брянск, 2020. С. 211-214. EDN: UJOZUJ
- [4] Купреенко, А.И. Экономическая эффективность применения комбинированного теплообменника / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.Х. Исаев // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции, 20-21 мая 2021 г. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. С. 162-167. EDN: AEFJEJ
- [5] Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Эффективность сушки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником // Инновационная техника и технология. 2020. № 3 (24). С. 29–36. EDN: LZDDMJ
- [6] Купреенко А.И. Определение температуры нагрева тепловоспринимающей поверхности гелиоколлектора. / Комогорцев В.Ф., Купреенко А.И., Исаев Х.М. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2017. № 1 (16). С. 274-278. EDN: YNUJMB
- [7] Купреенко А.И., Комогорцев В.Ф., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Тепловой баланс комбинированного теплообменника сушки аэродинамического подогрева // Агроинженерия. 2020. № 6 (100). С. 66-73. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-5-66-73. EDN: GIIGVN
- [8] Курочкин, А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки продукции животноводства. /А.А. Курочкин, В. М. Зимняков, В. В. Ляшенко и др. Учебное пособие. – Пенза: Пензенская ГСХА, 1998. 250 с. EDN: RCJTDT
- [9] Уравнение теплового баланса воздушного гелиоколлектора с аккумулятором теплоты. /А.И. Купреенко, В.Ф. Комогорцев, Х.М. Исаев, А.Н. Ченин, Г.В. Шкуратов. // Тракторы и сельхозмашины, № 4, 2016. С. 33-36. EDN: VUDQXL.
- [10] Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции /А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков и др. Под ред. А.А. Курочкина. М.: КолосС, 2006. – 424 с. EDN:RCJTDT.
- [3] Kupreenko, A.I. Test results of an aerodynamic heating dryer with a combined heat exchanger / A.I. Kupreenko, H.M. Isaev, S.H. Isaev // Innovations and technological breakthrough in the agro-industrial complex : collection of scientific tr. international scientific-ave. conf. Part 2. Bryansk, 2020. pp. 211-214. EDN: UJOZUJ
- [4] Kupreenko, A.I. Economic efficiency of the combined heat exchanger application / A.I. Kupreenko, H.M. Isaev, S.H. Isaev // State, problems and prospects of development of modern science: collection of scientific papers of the national scientific and practical conference, May 20-21, 2021 – Bryansk: Publishing House of the Bryansk State University, 2021. pp. 162-167. EDN: AEFJEJ
- [5] Kupreenko A.I., Isaev H.M., Isaev S.H. Efficiency of the aerodynamic heating dryer with a combined heat exchanger // Innovative technique and technology. 2020. No. 3 (24). pp. 29-36. EDN: LZDDMJ
- [6] Kupreenko A.I. Determination of the heating temperature of the heat-receiving surface of the solar collector. / Komogortsev V.F., Kupreenko A.I., Isaev H.M. // Design, use and reliability of agricultural machinery. 2017. No. 1 (16). pp. 274-278. EDN: YNUJMB
- [7] Kupreenko A.I., Komogortsev V.F., Isaev H.M., Isaev S.H. Thermal balance of the combined heat exchanger of the aerodynamic heating dryer // Agroengineering. 2020. No. 6 (100). pp. 66-73. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-5-66-73. EDN: GIIGVN
- [8] Kurochkin, A.A. Diploma design on mechanization of processing of livestock products. /A.A. Kurochkin, V. M. Zimnyakov, V. V. Lyashenko, etc. Study guide. – Penza: Penza State Agricultural Academy, 1998. 250 p. EDN: RCJTDT
- [9] The equation of the thermal balance of an air solar collector with a heat accumulator. / A.I. Kupreenko, V.F. Komogortsev, H.M. Isaev, A.N. Chenin, G.V. Shkuratov. // Tractors and agricultural machines, No. 4, 2016. pp. 33-36. EDN: VUDQXL.
- [10] Diplomnoe proektirovanie po mehanizacii pererabotki sel'skhozjajstvennoj produkcii /A.A. Kurochkin, I.A. Spicyn, V.M. Zimnjakov i dr. Pod red. A.A. Kurochkina. M.: KolosS, 2006. – 424 p. EDN: RCJTDT.

Сведения об авторах

Information about the authors

Шкуратов Григорий Вячеславович заместитель директора факультета СПО ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365, обл. Брянская, р-н Выгоничский, с. Кокино, ул. Советская, д. 2А Тел.: +7(920) 865-74-75 E-mail: grigorsh696@gmail.com	Shkuratov Grigory Vyacheslavovich PhD in Technical Sciences deputy director «Faculty of secondary vocational education» Bryansk State Agrarian University Phone: +7(920) 865-74-75 E-mail: grigorsh696@gmail.com
Михайличенко Станислав Михайлович кандидат технических наук доцент кафедры «Технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» 243365, обл. Брянская, р-н Выгоничский, с. Кокино, ул. Советская, д. 2А Тел.: +7(962) 190-06-33 E-mail: S.M.Mikhailichenko@yandex.ru	Mikhailichenko Stanislav Mikhailovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Department of technological equipment in the livestock breeding and processing plants» Bryansk State Agrarian University Phone: +7(962) 190-06-33 E-mail: S.M.Mikhailichenko@yandex.ru

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

AUTHOR GUIDELINES

Порядок рассмотрения, утверждения и отклонения статей

The procedure for consideration, approval and rejection of articles

В научно-теоретическом и практическом журнале «Инновационная техника и технология» публикуются статьи, обзорные статьи, доклады, сообщения, рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации.

Рукопись должна соответствовать требованиям к оформлению статьи. Рукописи, представленные с нарушением требований, редакцией не рассматриваются.

Рукописи, поступающие в журнал, должны иметь внешнюю рецензию специалистов соответствующих отраслей наук с ученой степенью доктора или кандидата наук.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению, проверяется оригинальность в системе «Антиплагиат», регистрируется.

Редакция организует рецензирование представленных рукописей. В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Инновационная техника и технология», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку. В этом случае датой поступления в редакцию считается дата возвращения доработанной статьи.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлегией в целом.

Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются автору.

Требования к оформлению статьи

Article requirements

Научно-теоретический и практический журнал «Инновационная техника и технология» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Объем статьи (включая список литературы, таблицы и надписи к рисункам) должен быть 5–10 страниц. Текст статьи должен быть напечатан на белой бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа в одну колонку.

Все страницы должны иметь сплошную нумерацию посередине внизу.

Статья включает следующее.

1. Индекс УДК (универсальный десятичный классификатор) – на первой странице в левом верхнем углу.

2. Инициалы и фамилии всех авторов через запятую.

3. Заголовок. Название статьи должно быть кратким (не более 10 слов), но информативным и отражать основной результат исследований. Заголовки набирают полужирными прописными буквами, размер шрифта 12. В заглавии не допускается

употребление сокращений, кроме общепризнанных.

4. Аннотация (не более 800 печатных знаков). Отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований.

5. Ключевые слова (не более 9).

6. Текст статьи обязательно должен содержать следующие разделы:

«Введение»—часть, в которой приводят краткий обзор материалов (публикаций), связанных с решаемой проблемой, и обоснование актуальности исследования. Ссылки на цитированную литературу даются по порядку номеров (с № 1) в квадратных скобках. При цитировании нескольких работ ссылки располагаются в хронологическом порядке. Необходимо четко сформулировать цель исследования.

«Объекты и методы исследований»:

- для описания экспериментальных работ—часть, которая содержит сведения об объекте исследования, последовательности операций при постановке эксперимента, использованных приборах и реактивах. При упоминании приборов и оборудования указывается название фирмы на языке оригинала и страны (в скобках). Если метод малоизвестен или значительно модифицирован, кроме ссылки на соответствующую публикацию, дают его краткое описание;

- для описания теоретических исследований—часть, в которой поставлены задачи, указываются сделанные допущения и приближения, приводится вывод и решение основных уравнений. Раздел не следует перегружать промежуточными выкладками и описанием общеизвестных методов (например, методов численного решения уравнений, если они не содержат элемента новизны, внесенного авторами);

«Результаты и их обсуждение»—часть, содержащая краткое описание полученных экспериментальных данных. Изложение результатов должно заключаться в выявлении обнаруженных закономерностей, а не в механическом пересказе содержания таблиц и графиков. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени. Обсуждение не должно повторять результаты исследования.

«Выводы» В конце раздела рекомендуется сформулировать основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный в разделе «Введение».

Текст статьи должен быть набран стандартным шрифтом Times New Roman, кегль 10, межстрочный интервал—одинарный, поля—2 см. Текст набирать без принудительных переносов, слова внутри абзаца разделять только одним пробелом, не использовать пробелы для выравнивания. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Математические уравнения и химические формулы должны набираться в редакторе формул (использовать английский алфавит) Equation

(MathType) или в MS Word одним объектом, а не состоять из частей. Необходимо придерживаться стандартного стиля символов и индексов: английские—курсивом (Italic), русские и греческие—прямым шрифтом, с указанием строчных и прописных букв, верхних и нижних индексов. Химические формулы набираются 9-м кеглем, математические—10-м. Формулы и уравнения печатаются с новой строки и нумеруются в круглых скобках в конце строки.

Рисунки должны быть представлены в формате *.png, *.jpg или *.tiff. Подрисовочная подпись должна состоять из номера и названия (Рис. 1. ...). В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки.

Графики, диаграммы и т.п. рекомендуется выполнять в программах MS Excel или MS Graph и **вставлять картинкой**. Таблицы должны иметь заголовки и порядковые номера. В тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую таблицу.

Таблицы, графики и диаграммы не должны превышать по ширине 8 см. Допускаются смысловые выделения—полужирным шрифтом.

7. Список литературы. Библиографический список оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 «Библиографическая ссылка». Список литературы приводится в порядке цитирования работ в тексте. В тексте статьи дается порядковый номер источника из списка цитируемой литературы в квадратных скобках. Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Не рекомендуется использовать более трех интернет-источников, а также литературу, с момента издания которой прошло более 10 лет.

В список литературы не включаются неопубликованные работы, учебники, учебные пособия и тезисы материалов конференций.

8. Полное название учреждения (место работы), город, почтовый адрес и индекс, тел., e-mail (организации).

9. На английском языке необходимо представить следующую информацию:

а) заглавие статьи; б) инициалы и фамилии авторов; в) текст аннотации; г) ключевые слова (key words); д) название учреждения (с указанием почтового адреса, тел., e-mail).

В случае несоответствия оформления статьи предъявляемым требованиям статья не публикуется. Статьи подлежат общему редактированию.

В редакцию предоставляются:

1) электронная версия статьи в программе MS Word 2007–2013. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора—ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько файлов;

2) приложить графики и рисунки в формате графических файлов *.png, *.jpg или *.tiff; таблицы в формате excel.

3) сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество каждого соавтора, место и адрес работы с указанием должности, структурного подразделения, ученой степени, звания; контактный телефон, домашний адрес, электронная почта, дата рождения. Звездоч-

кой указывается автор, с которым вести переписку. Файл следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП_Анкета.doc;

5) рецензия на статью, оформленная согласно образцу, от внешнего рецензента. Подпись внешнего рецензента заверяется соответствующей кадровой структурой.

ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ В БАЗУ ДАННЫХ AGRIS СТАТЬЯ ДОЛЖНА СОДЕРЖАТЬ СЛЕДУЮЩУЮ ИНФОРМАЦИЮ:

1. Сведения об авторах: (ФИО всех авторов на русс. и англ яз, полное название организации – место работы авторов, адрес эл. почты, должность, ученая степень).

2. Название статьи (на русском и английском языках);

3. Реферат (на русском и английском языках) 200- 250 слов;

Не следует начинать реферат с повторения названия статьи! Необходимо осветить цель исследования, методы, результаты (с приведением количественных данных), четко сформулировать выводы. Не допускаются разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов! Необходимо представлять сведения об объектах исследования. Следить, чтобы в тексте не было повторов и вводных оборотов типа «На основании проведенных исследований можно сказать» (вполне достаточно «установлено» или «сделан вывод»). Все числительные – цифрами.

4. Ключевые слова (на русском и английском языках);

Термины Agrovoc это ключевые слова к Вашей статье, используемые в системе цитирования Agris. Они вводятся на английском языке, и чаще всего совпадают с ключевыми словами Вашей статьи. Для проверки соответствия ключевого слова термину Agrovoc, введите его в поисковой строке сайта Agrovoc. Если термин найден, добавьте его в соответствующее поле формы отправки статьи, если же ключевое слово отсутствует среди терминов Agrovoc, то попробуйте подобрать максимально близкий по смыслу синоним. При отправке статьи используйте минимум 2 и максимум 15 терминов Agrovoc.

Список поиска терминов Agrovoc: <http://aims.fao.org/skosmos/agrovoc/en/search?clang=ru>

5. Список литературы должен быть представлен на русском языке и на латинице (транслитерация). В списке литературы не должно быть ссылок на одного и того же автора, минимум ссылок на правовые и нормативные документы, наличие ссылок на иностранные публикации. Не допускается машинный перевод текста на английский язык.

ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Для того, чтобы попасть в зарубежные аналитические базы данных Scopus и Web of Science необходимо оформлять статьи (в том числе в электронных научных журналах) в соответствии с требованиями зарубежных баз данных.

Этапы преобразования ссылки

1) На сайте <http://www.translit.ru> (в раскрывающемся списке «варианты» выбрать вариант, например: системы Госдепартамента США - BSI). Вставляем текст ссылки на русском языке и нажимаем кнопку «в транслит». Название научного журнала в транслитерированном списке литературы должно совпадать с транслитерированным названием журнала, которое зарегистрировано при его включении в международные базы данных.

2) Англоязычные версии названий многих публикаций, журналов, книг и т.д. можно найти на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru/>).

3) Переводим с помощью онлайн-переводчика все описание источника (название книги, статьи и т.д., кроме авторов) на английский язык, перевод редактируем и переносим в формируемый список (за транслитерированным названием).

4) Объединяем описания в транслите и переводное, оформляя в соответствии с принятыми правилами. Нужно раскрыть место издания (например, Moscow), а также исправить обозначение страниц на английский язык (например, вместо 124 s. – 124 p., S. 12-15 – pp. 12-15) и номера («№» на «No.»). Курсивом выделяем название источника (при описании статьи) или название книги (монографии, сборника). Убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания, заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием.

Порядок преобразования ссылки

Переводим ссылку в транслит и убираем знаки предписанной пунктуации (ГОСТ 7.1-2003) между областями описания (// и .-), заменяем их на запятые, авторов (всех) ставим перед заглавием:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva, Pravo i politika, 2004, № 1, S. 19-30.

После транслитерированного заглавия статьи вставляем в квадратные скобки перевод заглавия на английский язык и выделяем название журнала (книги, монографии) курсивом:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva [*Sector of law and sector of legislation*], **Pravo i politika**, 2004, № 1, S. 19-30.

Меняем «№» на «No.» и страницы - «S.» на «pp.». Обязательно должны быть указаны первый и последний номера страниц статьи:

Baitin M. I., Petrov D. E. Otrasl' prava i otrasl' zakonodatel'stva (Sector of law and sector of legislation), **Pravo i politika**, 2004, **No. 1, pp. 9-30.**

Примеры оформления списка литературы в латинице

Описание статьи из журнала:

Osintsev A.M., Braginskii V.I., Ostroumov L.A., Gromov E.S. Ispol'zovanie metodov dinamicheskoi reologii dlya issledovaniya protsessa koagulyatsii moloka [Application of dynamic rheology in studying milk coagulation process]. *Agricultural Commodities Storage and Processing*, 2002, no. 9, pp. 46–49.

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

Описание статьи с DOI:

Korotkaya E.V., Korotkiy I.A. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of *Lactobacillus bulgaricus*. *Food and Raw Materials*, 2013, vol. 1, no. 2, pp. 9-14. doi:10.12737/2046

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii «stal'-kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-composite»]. *Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem»* [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125-130.

Описание книги (монографии, сборники):

Berezov T.V., Korovin B.F. *Bioorganicheskaya khimiya* [Bioorganic Chemistry]. Moscow, Meditsina, 1990. 221 p.

Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstviya razrusheniya SSSR [From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Описание Интернет-ресурса:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at:

<http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Semenov V.I. *Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor*. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

Описание ГОСТа:

GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [State Standard 8.586.5 –2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

Описание патента:

Palkin M.V., Kulakov A.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Том 9

№ 3

2022

Разработка оригинал-макета – Фролов Д. И.

Сдано в производство 20.10.2022. Формат 60X84/8

Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.

Усл. печ. л. 12,67. Тираж 50 экз.