



Инновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№4 (36) 2022

**Инновации в АПК:
проблемы и перспективы**

Теоретический и научно-
практический журнал

**Выпуск 4 (36)
2022 г.**

Учредитель:

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина»

Издаётся с 2013 года

Выходит один раз в квартал

Официальный сайт: <http://www.bsaa.edu.ru>

В журнале публикуются результаты
фундаментальных и прикладных
исследований, обсуждаются теоретические,
методологические и прикладные проблемы
агропромышленного комплекса России и
зарубежья, предлагаются пути их решения

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
№ ФС 77-63038 от 10 сентября 2015 г.
выдано Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ISSN – 2311-9535

Подписной индекс в каталоге
«Объединенный каталог. Пресса России.
Газеты и журналы» – 40760.

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ).
Материалы издания выборочно включаются
в реферативную базу данных Agris.

Дизайн-макет и компьютерная вёрстка:
Манохин А.А., Воробьёва Т.Ю.

Адрес редакции и издателя журнала:
308503, ул. Вавилова, 1, п. Майский,
Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия
Тел.: +7-4722-39-11-69,
Факс: +7-4722-39-22-62

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина», 2022

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – **Алейник С.Н.**, к. тех. н., доцент
Заместитель главного редактора – **Дорофеев А.Ф.**, д. э. н., доцент

Члены редакционной коллегии:

Азаров В.Б. , д. с.-х. н., профессор;	Ломазов В.А. , д. физ.-мат. н., профессор;
Андрянов Е.А. , д. с.-х. н., профессор;	Медведева З.П. , д. э. н., профессор;
Аничин В.Л. , д. э. н., профессор;	Муравьев А.А. , к. с.-х. н., доцент;
Афоничев Д.Н. , д. тех. н., профессор;	Мязин Н.Г. , д. с.-х. н., профессор;
Бабинцев В.П. , д. фил. н., профессор;	Наседкина Т.И. , д. э. н., профессор;
Вендин С.В. , д. тех. н., профессор;	Наумкин В.Н. , д. с.-х. н., профессор;
Гончаренко О.В. , к. э. н., доцент;	Пастухов А.Г. , д. тех. н., профессор;
Груздова Л.Н. , к. э. н., доцент;	Поливаев О.И. , д. тех. н., профессор;
Гурин А.Г. , д. с.-х. н., профессор;	Растопчина Ю.Л. , к. э. н., доцент;
Демидова А.Г. , к. с.-х. н., доцент;	Саенко Ю.В. , д. тех. н., доцент;
Запорожцева Л.А. , д. э. н., профессор;	Сидоренко О.В. , д. э. н., доцент;
Колесников А.С. , к. тех. н., доцент;	Скрятин Н.Ф. , д. тех. н., профессор;
Коломейченко А.В. , д. тех. н., профессор;	Смуров С.И. , к. с.-х. н.;
Котлярова Е.Г. , д. с.-х. н., профессор;	Столяров О.В. , д. с.-х. н., профессор;
Коцарева Н.В. , д. с.-х. н., доцент;	Ступаков А.Г. , д. с.-х. н., профессор;
Лебедев А.Т. , д. тех. н., профессор;	Токарь Е.В. , д.э.н., профессор

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель – **Алейник С.Н.**, к. тех. н., доцент (Россия)
Зам. председателя – **Дорофеев А.Ф.**, д. э. н., доцент (Россия)

Члены научно-редакционного совета:

Бондаренко Л.В., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Вереновская А., PhD э. н. (Польша);
Ерохин М.Н., д. т. н., профессор, академик РАН (Россия);
Колесников А.В., д. э. н., доцент, член-корреспондент РАН (Россия);
Леммер А.Дж., д. с.-х. н. (Германия);
Простенко А.Н., к. э. н. (Россия);
Савченко Е.С., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Турусов В.И., д. с.-х. н., профессор, академик РАН (Россия);
Турьянский А.В., д. э. н., профессор (Россия)
Ужик В.Ф., д. т. н. профессор (Россия)
Ушачев И.Г., д. э. н., профессор, академик РАН (Россия);
Яска Е., PhD э. н. (Польша).

В Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, в которых
должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на
соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, включены следующие
научные специальности, представленные в журнале:

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные
науки)
С 01.02.2022 г.;

5.2.4. – Финансы (экономические науки)
С 01.02.2022 г.

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА»
Подписано в печать 28.12.2022 г., дата выхода в свет 16.01.2023 г.
Усл. п.л. 18,1. Тираж 1000 экз. Заказ № 1936. Свободная цена.
Адрес типографии: г. Белгород, ул. Студенческая 16, офис 19.
Тел. +7 910 360-14-99
e-mail: polyterra@mail.ru, официальный сайт: <http://www.polyterra.ru>

Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives

Theoretical, research and practice journal

Release 4 (36)
2022

Founder:

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin"

Published since 2013

Issued once per quarter

Official website: <http://www.bsaa.edu.ru>

The journal publishes the results of fundamental and applied research, discusses the theoretical, methodological and applied problems of the agro-industrial complex of Russia and abroad, suggests ways to solve them

Registration Certificate: ПИ № ФС 77-63038 of 10 September 2015 issued by the Federal service for supervision in the sphere of Telecom, information technologies and mass communication (Roscomnadzor)

ISSN – 2311-9535

Subscription Index in the directory "The United Catalogue. The Russian Press. Newspapers and magazines" – 40760.

The journal is included in the Russian Index of Scientific Citing (RISC). Scientific papers are selectively included in Agris abstract database.

Design layout and computer-aided makeup: Manokhin A.A., Vorobyeva T.Y.

Editorial board and journal publisher:
ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy,
Belgorod region, Russia
Tel.: +7 4722 39-11-69,
Fax: +7 4722 39-22-62

EDITORIAL STAFF

Editor in Chief – Aleinik S.N., Cand.Tech. Sci, as. prof;

Deputy editor – Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., as. professor

Members of Editorial Staff:

Azarov V.B., Dr. Agr. Sci., professor;	Lomazov V.A., Dr. Phys.-math. Sci., prof.;
Andrianov E.A., Dr. Agr. Sci., professor;	Medeliev Z.P., Dr. Econ. Sci., professor;
Anichin V.L., Dr. Econ. Sci., professor;	Muravyov A.A., Cand. Agri. Sci., as. prof.;
Afonichev D.N., Dr. Tech. Sci., professor;	Myazin N.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Babintsev V.P., Dr. Phil. Sci., professor;	Nasedkina T.I., Dr. Econ. Sci., professor;
Vendin S.V., Dr. Tech. Sci., professor;	Naumkin V.N., Dr. Agr. Sci., professor;
Goncharenko O.V., Cand. Econ. Sci., as. prof.;	Pastukhov A.G., Dr. Tech. Sci., professor;
Gruzdova L.N., Cand. Econ. Sci., as. prof.;	Polivaev O.I., Dr. Tech. Sci., professor;
Gurin A.G., Dr. Agr. Sci., professor;	Rastopchina Y.L., Cand. Econ. Sci., as. prof.;
Demidova A.G., Cand. Agr. Sci., as. prof.;	Saenko Yu.V., Dr. Tech. Sci., professor;
Zaporozhtseva L.A., Dr. Econ. Sci., professor;	Sidorenko O.V., Dr. Econ. Sci., as. prof.;
Kolesnikov A.S., Cand. Tech. Sci., as. prof.;	Skuriatin N.F., Dr. Tech. Sci., professor;
Kolomeichenko A.V., Dr. Tech. Sci., professor;	Smurov S.I., Cand. Agr. Sci.; as. prof.;
Kotliarova E.G., Dr. Agr. Sci., professor;	Stolyarov O.V., Dr. Agr. Sci., professor;
Kotsareva N.V., Dr. Agr. Sci., as. prof.;	Stupakov A.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Lebedev A.T., Dr. Tech. Sci., professor;	Tokar E.V., Dr. Econ. Sci., professor

EDITORIAL BOARD

Chairman – Aleinik S.N., Cand. Tech. Sci, as. prof; (Russia)

Vice-Chairman – Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., as. professor (Russia)

Members of Editorial Board:

Bondarenko L.V., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Werenowska A., PhD in economics (Poland);
Erokhin M.N., Dr. Tech. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Kolesnikov A.V., Dr. Econ. Sci., associate professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Lemmer A.J., Dr. Agr. Sci. (Germany);
Prostenko A.N., Cand. Econ. Sci. (Russia);
Savchenko E.S., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Turusov V.I., Dr. Agr. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Tur'ianskii A.V., Dr. Econ. Sci., professor (Russia);
Uzhik V.F., Dr. Tech. Sci., professor (Russia);
Ushachev I.G., Dr. Econ. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Jaska E., PhD in economics (Poland).

The list of leading reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the doctoral degrees of doctor and candidate of science should be published includes the following scientific specialties presented in the journal:

4.1.1. – General agriculture and crop production (agricultural sciences)

From 01.02.2022;

5.2.4. – Finance (economic sciences)

From 01.02.2022.

Printed in (Limited liability company) Publication and printing center «POLYTERRA»

Signed for publication 28.12.2022, date of publication 16.01.2023.

Conventional printed sheet 18,1. Circulation 1000 copies.

Order № 1936. Free price.

Address of printing: st. Student 16, office 19., Belgorod, Russia
tel. +7-910-360-14-99.

e-mail: polyterra@mail.ru, official website: www/polyterra.ru

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

<i>Д.Н. Бахарев</i> ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПРОТОТИПА РАЗГРУЗЧИКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ХРАНИЛИЩ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ.....	5
<i>С.Ф. Вольвак, В.И. Шаповалов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ.....	14
<i>А.А. Добрицкий</i> ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУШИЛКИ ВЫСОКОВЛАЖНЫХ СЕМЯН БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР.....	25
<i>К.В. Казаков, А.С. Колесников, А.Г. Минасян</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СУШКИ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА ВТОРИЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ.....	30
<i>А.Н. Мануйленко, Ю.Н. Ульянов, С.В. Вендин</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОНОМНОГО МОДУЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОЗОНАТОРА ВОЗДУХА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	42
<i>А.Г. Пастухов, И.Ш. Бережная</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛУНЖЕРА.....	51
<i>А.В. Рыжков, А.В. Мачкарин</i> АГРЕГАТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....	57
<i>В.Ю. Страхов, С.В. Вендин</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЕМЯН ОТ ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ.....	64
<i>Е.П. Тимашов, В.И. Вергун</i> АЛГОРИТМ ВЕРИФИКАЦИИ АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ ТРЕНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ.....	69

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

<i>В.Т. Городов, Н.И. Кластер</i> АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЯРОВО-ОЗИМЫХ ГИБРИДОВ ПШЕНИЦЫ В СЕЛЕКЦИИ ДВУРУЧЕК.....	74
<i>И.В. Оразаева, Н.В. Репко, А.С. Кобяков, В.И. Кобякова</i> ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОРЕСУРСНОЙ КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ БЕЛГОРОДСКОГО ГАУ.....	83
<i>С.В. Резвякова, А.К. Асаббеков, З.Р. Цуканова</i> ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН И УРОЖАЙНОСТИ ГОРОХА.....	88
<i>К.В. Сухинина, Н.В. Репко, Д.Н. Сердюков, Е.В. Смирнова, В.В. Шаляпин, Л.В. Назаренко</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПО КОМПЛЕКСУ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ.....	92
<i>Х.В. Шарафутдинов, А.Д. Львова, В.В. Чуб, О.Ю. Миронова, А.В. Волков</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ IN VITRO ВИШНИ: ПИТАТЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ И УСЛОВИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ.....	97
<i>А.В. Ширяев, Л.Н. Кузнецова, Н.В. Ширяева, Н.А. Самойлова</i> ХИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ.....	100

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

<i>С.А. Алексеева</i> РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ АГРАРНОГО СЕКТОРА.....	106
<i>А.Ф. Дорофеев, А.М. Восковых, С.Н. Зуев, И.А. Стафеева, Е.Н. Девальд, О.В. Попова, Н.П. Зуев</i> ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ЗЕРНА НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	112
<i>О.И. Золотарёва, С.Н. Золотарёв</i> УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ ЗАТРАТ И ПРИБЫЛЬЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	117
<i>О.В. Петрушина, Д.И. Жиляков</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ ГОСУДАРСТВА.....	122
<i>Л.А. Решетняк, Н.Н. Шульга</i> КАЛЬКУЛИРОВАНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА.....	126
<i>К.С. Терновых, Е.В. Авдеев, А.А. Козлов</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ИНВЕСТИЦИЯХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕГИОНА.....	133
Руководство для авторов.....	140

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY

D.N. Bakharev JUSTIFICATION AND SELECTION OF A PROTOTYPE OF A CONTINUOUS LOADER FOR STORAGE OF CORN COBS...	5
S.F. Volyak, V.I. Shapovalov STUDY OF THE GRINDING PROCESS CONCENTRATED FEED.....	14
A.A. Dobrickiy SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF A MODEL FOR THE FUNCTIONING OF A DRYER OF HIGH-MOISTURE MELON CROPS SEEDS.....	25
K.V. Kazakov, A.S. Kolesnikov, A.G. Minasyan THEORETICAL FOUNDATIONS OF DRYING BEET PULP WITH A SECONDARY HEAT CARRIER.....	30
A.N. Manuilenko, Yu.N. Ulyantsev, S.V. Vendin RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF AN AUTONOMOUS MODULE OF AN ELECTRIC AIR OZONATOR FOR LIVESTOCK PREMISES.....	42
A.G. Pastukhov, I.Sh. Berezhnaya EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF A COMBINED PLUNGER RECOVERY METHOD.....	51
A.V. Ryzhkov, A.V. Machkarin THE UNIT FOR TILLAGE IN THE BIOLOGIZATION OF AGRICULTURE.....	57
V.Yu. Strakhov, S.V. Vendin RESULTS OF RESEARCH ON THE USE OF ULTRAVIOLET RADIATION FOR SURFACE DISINFECTION OF SEEDS FROM PATHOGENIC MICROFLORA.....	64
E.P. Timashov, V.I. Vergun VERIFICATION ALGORITHM OF ANALYTICAL MODELS OF TEMPERATURE IN FRICTION ZONE OF BEARING UNITS.....	69

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY

V.T. Gorodov, N.I. Kloster ADAPTIVE POTENTIAL OF THE SPRING-WINTER WHEAT HYBRIDS IN THE ALTERNATE WHEAT SELECTION.....	74
I.V. Orazova, N.V. Repko, A.S. Kobayakov, V.I. Kobayakova PHENOTYPIC ASSESSMENT OF THE BIORESOURCE COLLECTION OF WINTER WHEAT VARIETIES OF BELGOROD STATE AGRARIAN UNIVERSITY.....	83
S.V. Rezyakova, A.K. Asadbekov, Z.R. Tsukanova METHODS TO IMPROVE SEED QUALITY AND PEA YIELDS.....	88
K.V. Sukhinina, N.V. Repko, D.N. Serdyukov, E.V. Smirnova, V.V. Shalyapin, L.V. Nazarenko COMPARATIVE EVALUATION OF PERSPECTIVE BREEDING LINES OF WINTER BARLEY BY THE COMPLEX ECONOMIC-VALUABLE FEATURES.....	92
Kh.V. Sharafutdinov, A.D. Lvova, V.V. Chub, O.Yu. Mironova, A.V. Volkov PREDICTION OF IN VITRO REPRODUCTION TECHNOLOGY OF CHERRY: NUTRIENT MEDIA AND CULTIVATION CONDITIONS ON THE BASIS OF GROWING AGROTECHNOLOGY.....	97
A.V. Shiryaev, L.N. Kuznetsova, N.V. Shiryaeva, N.A. Samoylova CHEMICALIZATION OF CULTIVATION TECHNOLOGY AND PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY.....	100

INNOVATIVE ECONOMICS, MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND SOCIAL DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES

S.A. Alekseeva THE ROLE OF HUMAN CAPITAL IN INNOVATIVE DEVELOPMENT AGRICULTURAL SECTOR.....	106
A.F. Dorofeev, A.M. Voskovykh, S.N. Zuev, I.A. Stafeeva, E.N. Devald, O.V. Popova, N.P. Zuev TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE REGIONAL GRAIN MARKET ON THE EXAMPLE OF THE VORONEZH REGION.....	112
O.I. Zolotareva, S.N. Zolotarev COST AND PROFIT GENERATION MANAGEMENT AGRICULTURAL ENTERPRISES.....	117
O.V. Petrushina, D.I. Zhilyakov METHODOLOGICAL ASPECTS OF FORECASTING THE RESULTS OF THE AGRARIAN POLICY OF THE STATE.....	122
L.A. Reshetnyak, N.N. Shulga CALCULATING THE COST OF PRODUCTION AND ITS IMPACT ON PRODUCTION EFFICIENCY.....	126
K.S. Ternovykh, E.V. Avdeev, A.A. Kozlov FORECASTING REGIONAL AGRICULTURAL INVESTMENT NEEDS.....	133
Guidelines for authors	140

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 631.361.022.003.13

Д.Н. Бахарев

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПРОТОТИПА РАЗГРУЗЧИКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ХРАНИЛИЩ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ

Аннотация. Большие объемы початков кукурузы *F1*, которые поступают с полей в сельскохозяйственные предприятия во время уборки или поставляемые из этих предприятий на кукурузокалибровочные заводы, необходимо временно хранить в специальных хранилищах. При временном хранении початков обеспечивают защиту зерна от макро- и микроповреждений, а также от воздействия экстремально низких температур, осадков, вредителей и плесеней. Для этого используют временные хранилища, дополнительно оборудованные системой активного вентилирования. Разгрузка временных хранилищ в настоящее время слабо механизирована. В связи с этим возникла необходимость в разработке отечественного разгрузчика непрерывного действия. Данный разгрузчик должен быть одинаково эффективным при работе с любым типом хранилищ. Проведен анализ существующих конструкций временных хранилищ початков кукурузы. В результате установлено, что наиболее перспективным временным хранилищем является сапетка с центральным воздухомаслоуносительным каналом, поскольку обладает наиболее простой конструкцией и без сложных манипуляций поддается переоборудованию при адаптации под конкретные условия хозяйствования. Кроме того, проанализированы конструктивные особенности технических средств, способных разгружать початки кукурузы из различных типов хранилищ. В результате установлено, что в качестве прототипа разрабатываемого разгрузчика целесообразно принять подборщик П-60 «КРОТ». На основании конструктивной концепции данного подборщика необходимо создать новый разгрузчик хранилищ початков кукурузы, который будет способен обеспечивать минимальное повреждение початков и зерна при непрерывной работе, обладать высокой производительностью, компактностью конструкции и маневренностью. Для этого необходимо объединить в одной машине малогабаритную, но эффективную самоходную шасси, обладающую высокой маневренностью, питатель способный захватывать початки без повреждений и транспортер, позволяющий поднимать початки под углом больше их угла естественного откоса. Прототипом питателя может послужить захватывающий механизм погрузчика, разработанного для очистителя початков от листовки обертки ОПП-5, а транспортер должен быть с гибкими полимерными бортами и перегородками. Вышеперечисленная информация является фундаментом для разработки принципиальной конструктивно-технологической схемы нового разгрузчика хранилищ початков кукурузы.

Ключевые слова: початки кукурузы, временное хранилище, разгрузчик, прототип, конструкция.

JUSTIFICATION AND SELECTION OF A PROTOTYPE OF A CONTINUOUS LOADER FOR STORAGE OF CORN COBS

Abstract. Large volumes of *F1* corn cobs that come from fields to agricultural enterprises during harvesting or supplied from these enterprises to corn calibration plants must be temporarily stored in special storage facilities. During temporary storage of cobs, they provide protection of grain from macro- and micro-damage, as well as from the effects of extremely low temperatures, precipitation, pests and molds. For this purpose, temporary storage facilities are used, additionally equipped with an active ventilation system. Unloading of temporary storage facilities is currently poorly mechanized. In this regard, there was a need to develop a domestic continuous unloader. This unloader should be equally effective when working with any type of storage. The analysis of existing structures of temporary storage of corn cobs is carried out. As a result, it was found that the most promising temporary storage is a sapsheet with a central air distribution channel, since it has the simplest design and can be retrofitted without complex manipulations when adapted to specific economic conditions. In addition, the design features of technical means capable of unloading corn cobs from various types of storage facilities are analyzed. As a result, it was found that it is advisable to adopt the P-60 «MOLE» picker as a prototype of the unloader being developed. Based on the design concept of this picker, it is necessary to create a new corn cob storage unloader that will be able to ensure minimal damage to the ears and grain during continuous operation, have high productivity, compact design and maneuverability. To do this, it is necessary to combine in one car a small-sized, but effective self-propelled chassis with high maneuverability, a feeder capable of grabbing the ears without damage and a conveyor that allows you to lift the ears at an angle greater than their angle of natural slope. The prototype of the feeder can be the gripping mechanism of the loader designed for the peeler of the cobs from the leaf wrap OPP-5, and the conveyor should be with flexible polymer sides and partitions. The above information is the foundation for the development of a basic design and technological scheme of a new corn cob storage unloader.

Keywords: corn cobs, temporary storage, unloader, prototype, construction.

Введение. Кукуруза наряду с пшеницей и рисом является важнейшей зерновой культурой, объемы производства которой существенно влияют на уровень продовольственной безопасности России. В связи с этим необходимо развивать уровень механизации на предприятиях по производству и переработке зерна кукурузы, что полностью соответствует Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской Фе-

дерации №20 от 21 января 2020 года. В частности, разделу V Доктрины в пункте к) развитие производства материально-технических ресурсов для производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

В России ежегодно производится порядка 14 млн тонн зерна кукурузы, и этот объем можно считать достаточным, поскольку часть зерна уходит на экспорт (рисунок 1) [1].

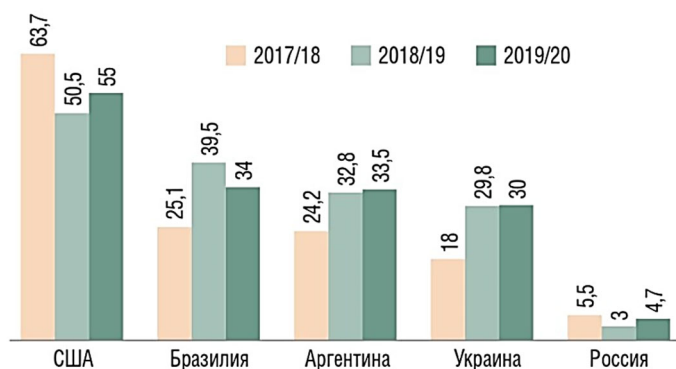


Рис. 1 – ТОП-5 мировых экспортеров зерна кукурузы

Однако, даже по объемам экспорта видно, что развитие отечественного сельского хозяйства в направлении увеличения объемов производства зерна кукурузы находится на начальной стадии, поэтому здесь нужна планомерная работа во всех направлениях, в том числе и в области создания но-

вых и совершенствования существующих средств механизации. В свою очередь эффективные машины в совокупности с селекционными мероприятиями помогут увеличить урожайность кукурузы в России, которая в настоящее время достаточно низкая (рисунок 2) [2].

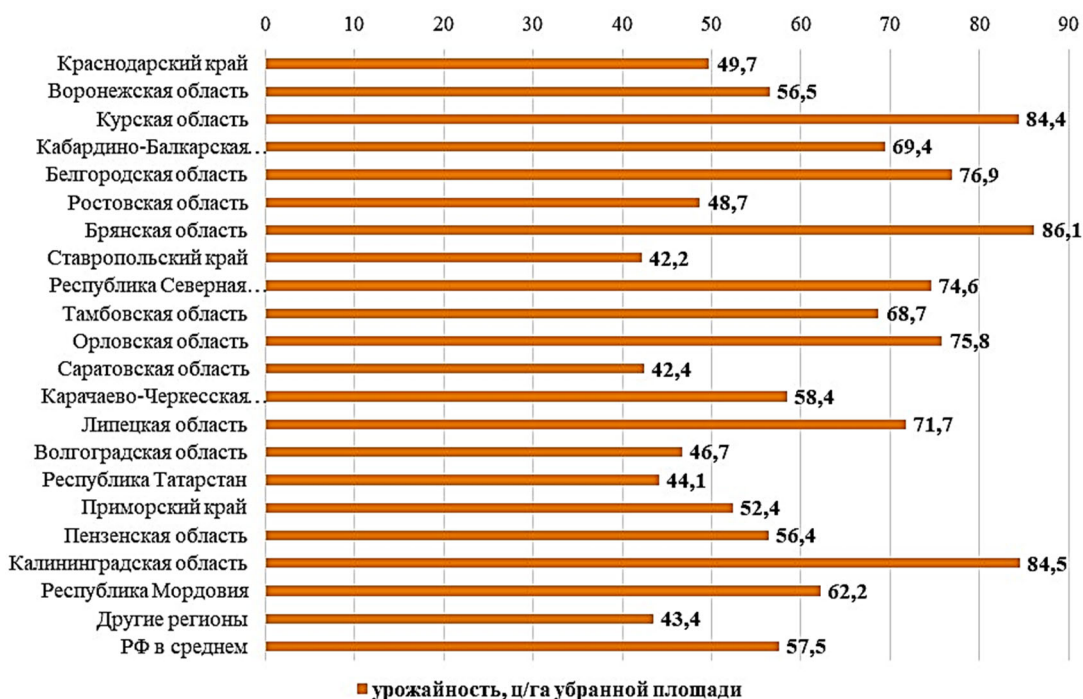


Рис. 2 – Урожайность кукурузы по ключевым районам России (в других регионах РФ средняя урожайность кукурузы составила 43,4 ц/га, в среднем по РФ – 57,5 ц/га)

В рамках данной публикации рассматривается начальная стадия вопроса обоснования и выбора прототипа разгрузчика непрерывного действия для хранилищ початков кукурузы, способного выполнять технологический процесс в щадящем режиме работы, минимизирующем повреждение и потери зерна.

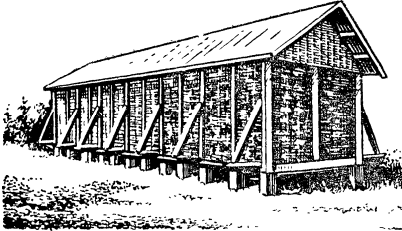

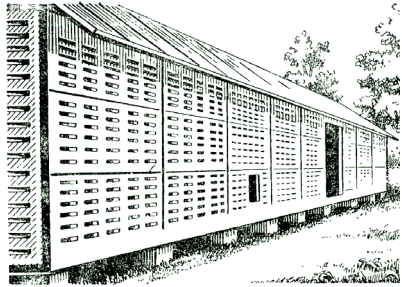
Целью исследования является установление конструкции прототипа разгрузчика непрерывного действия

для хранилищ початков кукурузы и определение путей его совершенствования.

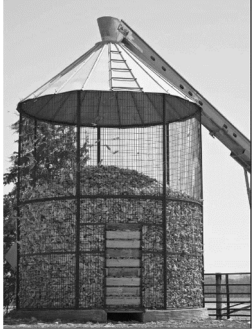

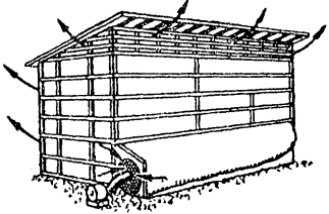
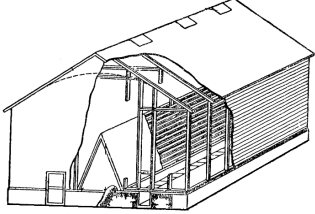
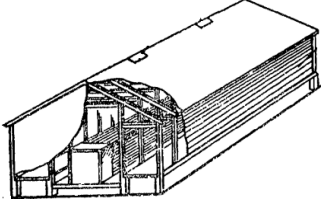
Объект и методы исследований. Объектом исследования является технологический процесс непрерывной разгрузки хранилищ початков кукурузы. Исследования осуществлялись методами системного анализа существующей информации, опубликованной в открытых источниках.

Анализ конструкций хранилищ для початков гибридной кукурузы *F1* представлен в виде таблицы 1.


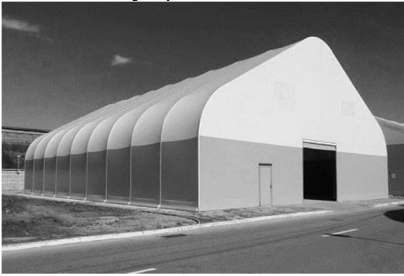
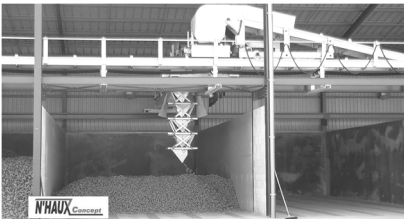
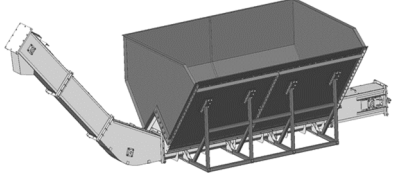

Таблица 1 – Анализ конструкций хранилищ для початков кукурузы

Тип и конструктивное исполнение хранилища	Разработчики и исследователи	Достоинства	Недостатки			
<p>Прямоугольная сапетка из плетня</p> 	<p>Воронцов О.С. [3], Голик М.Г. [4], Грушка Я. [5], Петунина И.А. [6], Курасов В.С. [7], Пастухов А.Г. [8], Бахарев Д.Н. [8]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Легковозводимая конструкция. 2. Не ограниченные размеры по длине. 3. Отсутствие ухода за насыпью. 4. Естественное вентилирование. 5. Низкая себестоимость расходных материалов. 6. Пустое хранилище быстро переносится в любое удобное место расположения. 7. Наличие типовых проектов хранилищ (например, проект Иркутского Экспериментального Ремонтно-Механического завода [9]) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Хранение початков влажностью не более 20%. 2. Попадание осадков (можно устранить применением тента). 3. Просыпание зерна и мелких початков в подполье. 4. Ограниченная продолжительность хранения. 5. Необходимость применения ручного труда при загрузке и разгрузке. 6. Поражение початков плесенью. 7. Отсутствие системы комплексной механизации при временном хранении. 8. Отсутствие системы мониторинга влажности початков. 9. Отсутствие эффективного проветривания насыпи при безветренной погоде. 			
<p>Прямоугольная сапетка с каркасом из железобетона и со стенами из проволочной сетки</p> 				<p>Прямоугольная сапетка с каркасом из профильной трубы и со стенами из проволочной сетки</p> 	<p>Прямоугольная сапетка из сборных шлакоблоков</p> 	

Продолжение таблицы 1

Тип и конструктивное исполнение хранилища	Разработчики и исследователи	Достоинства	Недостатки
<p>Круглые-цилиндрические сапетки с каркасом из профильной трубы и со стенами из проволочной сетки</p>  <p>Круглые-цилиндрические сапетки с каркасом из деревянного бруса и сеткой из деревянных планок</p> 	<p>Воронцов О.С. [3], Голик М.Г. [4], Грушка Я. [5]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Легковозводимая конструкция. 2. Отсутствие ухода за насыпью. 3. Естественное вентилирование. 4. Низкая себестоимость расходных материалов. 5. Большая емкость при минимальной площади основания. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Хранение початков влажностью не более 20%. 2. Попадание осадков (можно устранить применением тента). 3. Просыпание зерна и мелких початков в подполье. 4. Ограниченная продолжительность хранения. 5. Поражение початков плесенью. 6. Отсутствие системы комплексной механизации при временном хранении. 7. Отсутствие системы мониторинга влажности початков. 8. Отсутствие эффективного проветривания насыпи при безветренной погоде.
<p>Сапетка (типа навес) с металлическим боковым воздухоподводящим каналом</p>  <p>Сапетка с А-образным воздухоподводящим каналом</p>  <p>Сапетка с П-образным воздухоподводящим каналом</p> 	<p>Воронцов О.С. [3], Голик М.Г. [4], Грушка Я. [5].</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Легковозводимая конструкция. 2. Не ограниченные размеры по длине. 3. Отсутствие ухода за насыпью. 4. Естественное вентилирование. 5. Искусственное вентилирование. 6. Хранение початков влажностью 20-35%. 7. Низкая себестоимость расходных материалов. 8. Сапетка типа навес в модульном варианте конструкции может быть установлена на колесную платформу и свободно перемещаться по территории сельскохозяйственного предприятия. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Попадание осадков. (можно устранить применением тента). 2. Ограниченная продолжительность хранения. 3. Отсутствие системы комплексной механизации при временном хранении. 4. Отсутствие системы мониторинга влажности початков.

Продолжение таблицы 1

Тип и конструктивное исполнение хранилища	Разработчики и исследователи	Достоинства	Недостатки
<p>Капитальное хранилище-склад со стационарным вентиляционным устройством</p>  <p>Тентовое хранилище-склад со стационарным вентиляционным устройством</p> 	<p>Воронцов О.С. [3], Голик М.Г. [4], Грушка Я. [5].</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Активное вентилирование початков кукурузы. 2. Хорошие условия для механизированных погрузочно-разгрузочных операций. 3. Контроль и регуляция влажности початков. 4. Долгосрочное хранение. 5. Универсальность использования хранилища. 6. Хранение початков влажностью 20-35%. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Большие затраты на возведение и обслуживание капитальной конструкции. 2. Стационарность постройки. 3. Сложности с дезинфекцией, дезинсекцией и дератизацией помещения. 4. Отсутствие естественной вентиляции.
<p>Многосекционное капитальное хранилище-склад со стационарным вентиляционным устройством и системой механизированной загрузки</p> 	<p>Н'НАУХ Concept (Франция) [10] ООО «СЕРБИЯ ПРОДУКТ» (Сербия) [11]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Активное вентилирование початков кукурузы. 2. Механизированная загрузка-выгрузка. 3. Контроль и регуляция влажности початков. 4. Долгосрочное хранение. 5. Универсальность использования хранилища. 6. Хранение початков влажностью 20-35%. 	
<p>Завальная яма в комплекте с разгрузочным транспортером</p>  <p>Грубая загрузка завальной ямы из самосвала</p> 	<p>ООО «СЕРБИЯ ПРОДУКТ» (Сербия) [11] и др.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Удобство разгрузки початков. 2. Непосредственная подача на конвейер. 3. Компактность хранилища. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кратковременное хранение початков с влажностью не более 16%. 2. Большие затраты на возведение и обслуживание конструкции. 3. Стационарность постройки. 4. Отсутствие естественного вентилирования. 5. Быстрое развитие плесневых грибов.

Из проведенного анализа сделано заключение, что наиболее полно современным требованиям к временным хранилищам початков семенной кукурузы в условиях сельскохозяйственного предприятия или на кукурузокалибровочном заводе отвечает сапетка, конструкция которой должна соответствовать следующим параметрам:

- конструкция легковозводимая и изготовлена из недорогих и легкодоступных материалов;
- обеспечивается эффективное естественное вентилирование початков с влажностью до 16%;

– обеспечивается эффективное искусственное вентилирование початков кукурузы, при их влажности 16-35%;

– созданы условия для механизированной загрузки-выгрузки початков;

– обеспечен контроль и регуляция влажности початков;

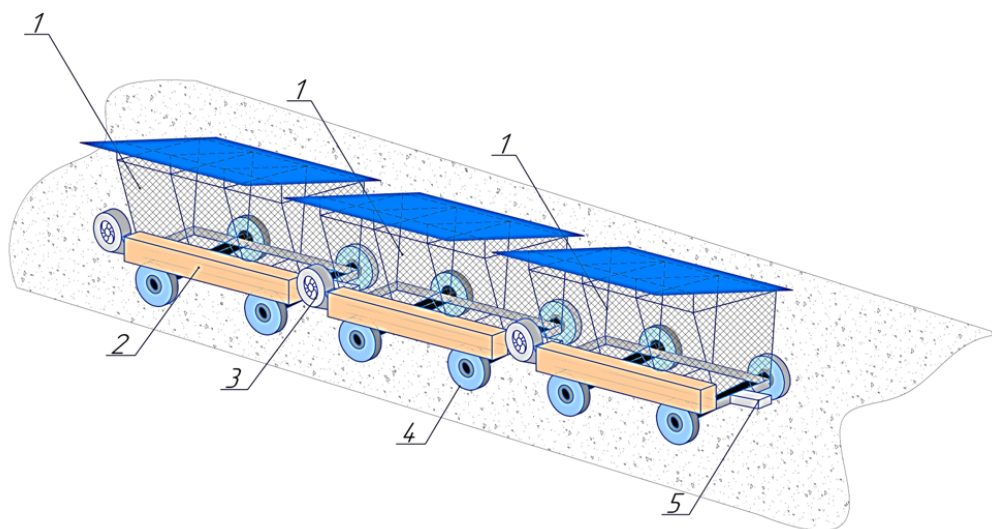
– обеспечена мобильность или быстрое и простое перемещение хранилища в пределах сельскохозяйственного предприятия;

– созданы условия для исключения жизнедеятельности вредителей и развития плесени.

Исходя из вышесказанного предлагается конструктивная схема передвижного блока сапеток (рисунок 3).

Загрузка-разгрузка сапеток требует применения эффективных средств механизации. С загрузкой особых сложностей нет, поскольку для этого подходит любой

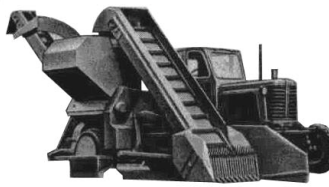
ленточный транспортер с шевронной лентой. Однако разгрузка сапеток требует применения более сложного устройства, а именно специального разгрузчика. Данный разгрузчик должен в щадящем режиме забирать початки из хранилища, бережно поднимать их на высоту достаточную для загрузки современного бортового грузового автомобиля и безударно пересыпать початки в кузов автомобиля. Описываемый технологический процесс осложнен еще и тем, что початки семенной кукурузы целесообразно убирать без снятия листовой обертки в поле. Следовательно, перегружать массу початков необходимо так, чтобы листовая обертка не отрывалась от початков и не препятствовала эффективной разгрузке хранилища. Для разработки такого разгрузчика необходимо провести анализ конструктивных параметров технических средств, способных разгружать початки кукурузы из различных типов хранилищ (таблица 2).

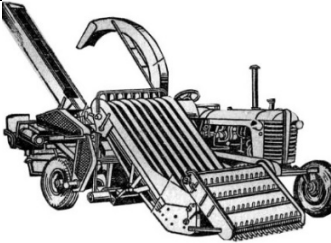
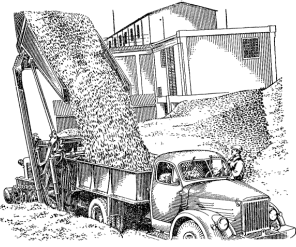




1 – сапетка; 2 – воздушный канал; 3 – вентилятор; 4 – ходовая часть сапетки; 5 – прицепное устройство для соединения сапеток в блок

Рис. 3 – Конструктивная схема передвижного блока сапеток

Таблица 2 – Анализ конструктивных параметров технических средств, способных разгружать початки кукурузы из различных типов хранилищ

Тип и конструктивное исполнение	Разработчики и исследователи	Достоинства	Недостатки
<p>Погрузчик с кулисным питателем в очистителе початков от листовой обертки ОП-15</p> 	Тиняков А.В. [12] Голик М.Г.[4]	<ol style="list-style-type: none"> 1.Агрегатирование с трактором. 2.Эксплуатация в передвижном или стационарном варианте. 3.Подъем початков на большую высоту. 4.Высокая производительность. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.Сложность в обслуживании. 2.Высокий процент потери зерна. 3.Высокий процент повреждения початков. 4.Низкая маневренность. 5.Высокая материалоемкость. 6.Большая энергоемкость погрузки. 7.Большие габаритные размеры. 8.Питатель периодического действия (относится только к ОП-15).
<p>Погрузчик с питателем-конвейером на подъемной стреле в очистителе початков от листовой обертки ОПШ-5</p>	Комаристов В.Е. [12], Голик М.Г.[4]	<ol style="list-style-type: none"> 1. Агрегатирование с трактором. 2. Эксплуатация в передвижном или стационарном варианте. 3. Захват тонкого слоя початков в насыпи. 	

			
<p>ТЛ-3 (Тракторная лопата)</p> 	<p>Голик М.Г.[4]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Простота конструкции. 2. Захват тонкого слоя початков в насыпи напорным движением лопаты. 3. Высокая производительность. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гидравлический привод. 2. Высокий процент потери зерна. 3. Предельно высокий процент повреждения початков. 4. Невозможен стационарный вариант конструкции. 5. Питатель периодического действия.
<p>Лаповый погрузчик ИРБИС-350 и аналоги (с заменой конвейера)</p> 	<p>КУРГАНДОРМАШ [13]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Агрегатирование с мобильным транспортным средством. 2. Эксплуатация в передвижном или стационарном варианте. 3. Большая производительность. 4. Регулируемая ширина захвата. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сложность в обслуживании. 2. Высокая материалоемкость. 3. Возможно адаптировать исключительно к работе с насыпью початков. 4. Большие габаритные размеры. 5. Без замены конвейера возможен высокий процент повреждения початков и потери зерна.
<p>Подборщик картофеля П-60 «Крот» (с доработкой питателя)</p> 	<p>КЛИНМАШ [14]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Большая производительность. 2. Оптимальная ширина захвата. 3. Компактность. 4. Маневренность. 5. Простота конструкции. 6. Щадящий ленточный транспортер. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сложность в обслуживании. 2. Высокий процент потери зерна. 3. Большая энергоемкость погрузки. 4. Возможно адаптировать исключительно к работе с насыпью початков.

Из проведенного анализа сделано заключение, что эффективный разгрузчик хранилищ початков кукурузы должен соответствовать следующим параметрам:

- компактность конструкции для эффективной работы в стесненном пространстве хранилищ типа сапетка;
- маневренность для легкого и быстрого изменения траектории движения внутри всех типов хранилищ, включая капитальные и временные;
- минимальное повреждение початков и зерна кукурузы;
- рациональная стоимость;
- простота в эксплуатации и обслуживании;
- высокая производительность;

- минимально возможная материалоемкость конструкции и энергоемкость процесса разгрузки;
- возможность работы как в мобильном, так и в стационарном варианте;
- непрерывность процесса разгрузки.

Данные параметры можно объединить в одной машине. Для этого предлагается использовать в качестве прототипа подборщик П-60 «Крот», дополнительно оснастив его питателем и лентой с гибкими полимерными перегородками, позволяющими поднимать початки под углом больше угла естественного откоса. В связи с этим прототип предлагается оснастить питателем предлагаемой конструкции (рисунки 4) [15-17].



Рис. 4 – Экспериментальная модель питателя для разгрузчика хранилищ початков кукурузы

Предлагаемая конструкция питателя благодаря своему конструктивному исполнению и правильно подобранному режимам работы обеспечивает эффективный захват початков без повреждения и перемещает их на транспортер разгрузчика. Вся представленная информация позволяет определить пути совершенствования технологии временного хранения початков семенной кукурузы в условиях сельскохозяйственных предприятий и формирует фундамент для разработки принципиальной конструктивно-технологической схемы нового эффективного разгрузчика хранилищ початков кукурузы.

Выводы. На основании обобщения приведенных соображений отмечаем следующие выводы.

1. На современном этапе развития средств механизации в семеноводстве кукурузы необходимо уделять особое внимание машинам, механизмам и приспособлениям, действующим во временном хранении початков.

2. Среди многообразия временных хранилищ початков основным современным требованиям отвечает сапетка типа

«навес с металлическим боковым воздухоподводящим каналом», размеры и конструктивные особенности которой позволяют комплектовать передвижной блок временных хранилищ, установленных на колесное шасси.

3. Разгрузку временных хранилищ целесообразно осуществлять посредством специального разгрузчика. В качестве прототипа разгрузчика хранилищ початков кукурузы можно принять подборщик П-60 «Крот».

4. Прототип необходимо укомплектовать питателем предлагаемой конструкции с лопастным барабаном и пружинными захватами, а также лентой транспортера с гибкими прорезиненными перегородками, позволяющими поднимать початки под углом больше угла естественного откоса.

5. Предложенные решения направлены на определение путей совершенствования технологии временного хранения початков семенной кукурузы в условиях сельскохозяйственных предприятий и на разработку конструктивно-технологической схемы нового эффективного разгрузчика хранилищ початков кукурузы.

Библиография

1. Кукуруза сдала позиции. Перспективы роста производства кроются в увеличении потребления на корма и развитии глубокой переработки. [Электронный ресурс]: [веб сайт]. Электрон. дан. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/32676-kukuruza-sdala-pozitsii/>
2. Кукуруза: площади, сборы и урожайность в 2001-2019 гг. Агровестник. [Электронный ресурс]: [веб сайт]. Электрон. дан. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/corn/kukuruza-ploshchadi-sbory-i-urozhajnost-v-2001-2019-gg.html>
3. Воронцов О.С., Голик С.М., Делидович В.Н. [и др.]. Организация и техника хранения зерна: монография. М. : Издательство технической и экономической литературы по вопросам заготовок, 1954. 358 с.
4. Голик С.М. Механизация уборки, обработки и хранения кукурузы : монография. М. : Колос, 1973. 335 с.
5. Грушка Я. Монография по кукурузе. М. : Колос, 1965. 751 с.
6. Петунина И.А. Обмолот початков кукурузы: монография. Краснодар : КубГАУ, 2006. 200 с.
7. Курасов В.С., Куцеев В.В., Самурганов Е.Е. Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы: монография. Краснодар : КубГАУ, 2013. 151 с.
8. Бахарев Д.Н., Пастухов А.Г., Вольвак С.Ф., Бурнукин А.Е. Научные основы совершенствования технологии поточной обработки кукурузы в початках: монография. п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. 188 с.
9. Иркутский Экспериментальный Ремонтно-Механический завод. [Электронный ресурс]: [веб сайт]. Электрон. дан. URL: <http://petrochrom.ru/hranilishe.html>
10. Линия очистки и сушки початков семенной кукурузы. [Электронный ресурс]: [веб сайт]. Официальное видео. URL: <https://www.yandex.ru/video/preview/14490762844630171455>
11. ООО «Сербия Продукт». [Электронный ресурс]: [веб сайт]. Электрон. дан. URL: <https://www.serbiaproduct.rs/ru/>
12. Тиняков А.В. Структурный план-схема работы двухступенчатого очистителя початков кукурузы // Материалы Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе», посвященной 40-летию Белгородского ГАУ. п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. С. 77-83.
13. Снегопогрузчик ИРБИС 350. [Электронный ресурс]: [веб сайт]. Электрон. дан. URL: <https://kzdm.ru/catalog/snegopogruzchiki/irbis-350/>
14. Подборщик картофеля П-60 (Крот). [Электронный ресурс]: [веб сайт]. Электрон. дан. URL: <https://techmodule.ru/podborshchik-p-60/>
15. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н. Элементы перспективной механизированной технологии переработки початков семенной кукурузы // Материалы XII Международной научно-практической интернет-конференции «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК». М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. С. 455-462.

16. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф. Теоретическое исследование технологического процесса подбора початков кукурузы барабанным питателем // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения». – п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. С. 117-126.
17. Капустин С.И. Сортовая технология кукурузы: монография / С.И. Капустин, Н.В. Ковтун, Д.Н. Бахарев [и др.]. Луганск : ЛНАУ. 2013. 196 с.

References

1. Kukuruza sdala pozicii. Perspektivy rosta proizvodstva kroyutsya v uvelichenii potrebleniya na korma i razvitii glubokoj pererabotki [The corn has given up. Prospects for production growth lie in the increase in feed consumption and the development of deep processing.]. [Elektronnyj resurs]: [veb sajt]. Elektron. dan. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/32676-kukuruza-sdala-pozitsii/>
2. Kukuruza: ploshchadi, sbory i urozhajnost' v 2001-2019 gg. Agrovestnik. [Corn: areas, harvests and yields in 2001-2019 Agrovestnik.]. [Elektronnyj resurs]: [veb sajt]. Elektron. dan. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/corn/kukuruza-ploshchadi-sbory-i-urozhajnost-v-2001-2019-gg.html>
3. Voroncov O.S., Golik S.M., Delidovich V.N. [i dr.]. [Organization and technology of grain storage]. Organizaciya i tekhnika hraneniya zerna: monografiya. M. : Izdatel'stvo tekhnicheskoy i ekonomicheskoy literatury po voprosam zagotovok, 1954. 358 s.
4. Golik S.M. Mekhanizaciya uborki, obrabotki i khraneniya kukuruzy [Mechanization of corn harvesting, processing and storage]. M. : Kolos, 1973. 335 p.
5. Grushka Y. Monografiya po kukuruze. [Monograph on the corn]. M. : Kolos, 1965. 751 p.
6. Petunina I.A. Obmolot pochatkov kukuruzy [Threshed corncobs]: monografiya. Krasnodar : KubGAU, 2006. 200 p.
7. Kurasov V.S., Kuceev V.V., Samurganov E.E. Mekhanizaciya rabot v Sulecki, sortoispytanii i pervichnom semenovodstve kukuruzy [Mechanization of work in selection, variety testing and primary seed production of maize]: monografiya. Krasnodar : KubGAU, 2013. 151 p.
8. Bakharev D.N., Pastukhov A.G., Volvak S.F., Burnukin A.E. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya tekhnologii potochnoj obrabotki kukuruzy v pochatkah [Scientific foundations of improving the technology of in-line processing of corn on the cob], monografiya. p. Majskej, FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2021, 188 p.
9. Irkutskij Eksperimental'nyj Remontno-Mekhanicheskij zavod. [Irkutsk Experimental Mechanical Repair Plant.] [Elektronnyj resurs]: [veb sajt]. – Elektron. dan. – URL: <http://petrochrom.ru/hranilishe.html>
10. Liniya ochistki i sushki pochatkov semennoj kukuruzy. [Seed corn cleaning and drying line] [Elektronnyj resurs]: [veb sajt]. – Oficialnoe video. – URL: <https://www.yandex.ru/video/preview/14490762844630171455>
11. ООО «Сербия Продукт». [ООО «Сербия Продукт»] [Elektronnyj resurs]: [veb sajt]. Elektron. dan. URL: <https://www.serbiaproduct.rs/ru/>
12. Tinyakov A.V. Strukturnyj plan-skema raboty dvuhstupenchatogo ochistitelya pochatkov kukuruzy [Structural diagram of the operation of a two-stage corn cob cleaner] // Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy razrabotki, ekspluatcii i tekhnicheskogo servisa mashin v agropromyshlennom komplekse», posvyashchennoj 40-letiyu Belgorodskogo GAU. – p. Majskej : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2019. S. 77-83.
13. Snegopogruzchik IRBIS 350. [Snow loader IRBIS 350.] [Elektronnyj resurs]: [veb sajt]. Elektron. dan. URL: <https://kzdm.ru/catalog/snegopogruzchiki/irbis-350/>.
14. Podborshchik kartofelya P-60 (Krot). [Potato picker P-60 (Mole)] [Elektronnyj resurs]: [veb sajt]. Elektron. dan. URL: <https://techmodule.ru/podborshchik-p-60/>.
15. Pastukhov A.G., Bakharev D.N. Elementy perspektivnoj mekhanizirovannoj tekhnologii pererabotki pochatkov semennoj kukuruzy. [Elements of a promising mechanized technology for processing cobs of seed corn] // Materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferencii «Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK». M. : FGBNU «Rosinformagrotekh», 2020. S. 455-462.
16. Bakharev D.N., Volvak S.F. Teoreticheskoe issledovanie tekhnologicheskogo processa podbora pochatkov kukuruzy barabannym pitatelem. [Theoretical study of the technological process of selecting corn cobs by a drum feeder] // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktualnye problemy agroinzhenerii i puti ih resheniya». p. Majskej : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. S. 117-126.
17. Kapustin S.I. Kovtun N.V., Bakharev D.N. [i dr.]. Sortovaya tekhnologiya kukuruzy: monografiya [Varietal technology of corn]. Lugansk : LNAU. 2013. 196 s.

Сведения об авторе

Бахарев Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-12-33, e-mail: baharevdn_82@mail.ru.

Information about the author

Bakharev Dmitriy Nikolaevich, candidate of technical sciences, docent of the department of technical mechanics and construction of machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7 4722 39-12-33 e-mail: baharevdn_82@mail.ru.

УДК 631.363

С.Ф. Вольвак, В.И. Шаповалов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ

Аннотация. Решение вопросов по снижению энергоёмкости и повышению качества измельчения концентрированных кормов из фуражного зерна позволит повысить эффективность производства продукции животноводства, что является весьма актуальным. Целью исследований является обоснование рациональной конструктивно-технологической схемы измельчителя-смесителя концентрированных кормов, а задачами – определение наиболее эффективных конструкций измельчителей и дозаторов концентрированных кормов и путей совершенствования их рабочих органов. Проведенный анализ существующих измельчителей и дозаторов зерна позволил обосновать конструкции вертикальной молотковой дробилки и барабанного дозатора, способные эффективно работать в комплексе. Выдвинута концепция повышения эффективности технологического процесса измельчения концентрированных кормов путём объединения в единую конструкцию системы дозирования различных зерновых кормов и вертикальной молотковой дробилки, способной осуществлять измельчение с одновременным смешиванием компонентов кормовой смеси в установленной пропорции. Вертикальный молотковый барабан способен эффективно измельчать кормовое зерно за счёт возможности одновременно разрушать часть подаваемой массы зерна свободным ударом, часть – стеснённым ударом и часть – посредством разламывания. Предлагаемая конструктивно-технологическая схема поточно-технологической линии приготовления кормовых смесей позволит объединить в единую конструкцию системы дозирования, измельчения, смешивания и гранулирования кормовой смеси без применения отдельно-го смесителя кормов и повысить эффективность процесса по сравнению с другими конструкциями комбикормовых агрегатов.

Ключевые слова: измельчитель-смеситель, концентрированный корм, вертикальная молотковая дробилка, барабанный дозатор, поточно-технологическая линия, эффективность процесса.

STUDY OF THE GRINDING PROCESS CONCENTRATED FEED

Abstract. Solving the issues of reducing energy intensity and improving the quality of grinding concentrated feed from feed grains will increase the efficiency of livestock production, which is very relevant. The purpose of the research is to substantiate the rational design and technological scheme of the shredder-mixer of concentrated feed, and the tasks are to determine the most effective designs of shredders and dispensers of concentrated feed and ways to improve their working bodies. The analysis of existing grain grinders and dispensers allowed us to substantiate the designs of a vertical hammer crusher and a drum dispenser that can work effectively in a set. The concept of increasing the efficiency of the technological process of grinding concentrated feed by combining into a single design a dosing system for various grain feeds and a vertical hammer crusher capable of grinding with simultaneous mixing of feed mixture components in a fixed proportion. The vertical hammer drum is capable of effectively crushing feed grain due to the possibility of simultaneously destroying part of the supplied grain mass with a free blow, part with a constrained blow and part by breaking. The proposed design and technological scheme of the feed mixture production line will allow combining into a single design the systems of dosing, grinding, mixing and granulating of the feed mixture without the use of a separate feed mixer and increase the efficiency of the process compared to other designs of feed aggregates.

Keywords: shredder-mixer, concentrated feed, vertical hammer crusher, drum dispenser, production line, process efficiency.

Введение. Обеспечение населения продуктами животноводства в достаточном количестве и качестве является актуальной проблемой современного аграрного производства.

Усиление продовольственной безопасности является одной из целей разработки и реализации Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года [1].

В себестоимости производства продукции животноводства корма занимают более 70% [1]. В рамках Федеральной научно-технической программы постановлением Правительства Российской Федерации от 3 сентября 2021 г. № 1489 «О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы» утверждена подпрограмма «Развитие производства кормов и кормовых добавок для животных», разработанная Минсельхозом России совместно с Минобрнауки России, Минпромторгом России и Российской академией наук и позволяющая перейти к увеличению объёмов производства высококачественных кормов (в том числе концентрированных и объёмистых), белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов для животных [1].

В агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах прогнозируется сокращение импорта технологий, а именно локализация зарубежных производств и поддержка развития отечественных информационных ресурсов прикладного характера в сфере сельскохозяйственного машиностроения, а также машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности. К основным факторам, влияющим на развитие агропромышленного и рыбохозяй-

ственного комплексов, относятся рост обеспеченности сельскохозяйственных товаропроизводителей сельскохозяйственной техникой и оборудованием; возможность увеличения объёмов внутреннего потребления, в том числе за счёт производства комбикормов [1].

Развитие агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов напрямую связано с созданием прочной кормовой базы – важнейшим управляющим ресурсом продукционной и репродукционной функциями биологических объектов [2].

Основой увеличения продуктивности скотоводства является создание прочной кормовой базы и организация полноценного сбалансированного кормления при полном учёте потребности животных в питательных и биологически активных веществах в целях реализации генетического потенциала здоровья, воспроизводства, роста и продуктивности животных [3]. Полноценность кормления достигается повышением качества кормов, оптимизацией сроков и совершенствованием технологии заготовки, улучшением состава рационов, применением физиологически обоснованных технологий приготовления кормов и способов их скармливания [3].

В технологии приготовления кормов самым распространённым и важным процессом является измельчение, обусловленное требованиями физиологии животных [2]. В результате измельчения образуется множество частиц с высокоразвитой поверхностью, что способствует ускорению процессов пищеварения и повышению усвояемости питательных веществ [2]. За счёт измельчения зерна продуктивность животных повышается на 10...15% [2, 4, 5].

В инженерном отношении измельчение кормов является наиболее энергоёмкой и дорогой операцией [2, 6]. На этот процесс во всем мире расходуется до 50% электроэнергии, затрачиваемой на приготовление кормов, причём большая часть электроэнергии расходуется непроизвольно и нерационально: превращается в тепло и другие виды энергии [6].

В целом актуальной остаётся проблема повышения качества измельчения [2]. Её решение позволит минимизировать переизмельчение кормов и повысить их усвояемость. Особенно это важно при использовании концентрированных кормов из фуражного зерна, так как оно имеет твёрдую оболочку и если её не разрушить, то зерно «транзитом» проходит через желудочно-кишечный тракт животного [2].

Поэтому решение вопросов по снижению энергоёмкости и повышению качества измельчения концентрированных кормов из фуражного зерна позволит повысить эффективность производства продукции животноводства, что является весьма актуальным.

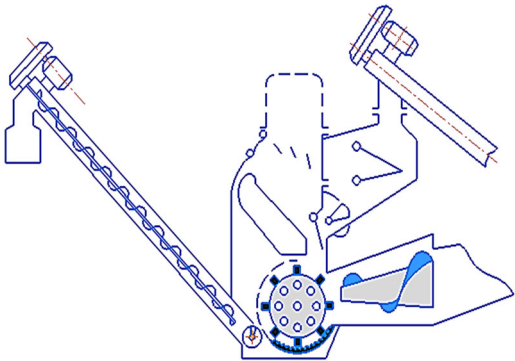

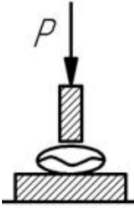
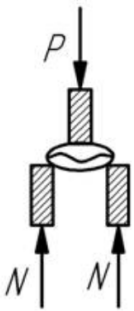
Целью исследований является обоснование рациональной конструктивно-технологической схемы измельчителя-смесителя концентрированных кормов, а задачами –

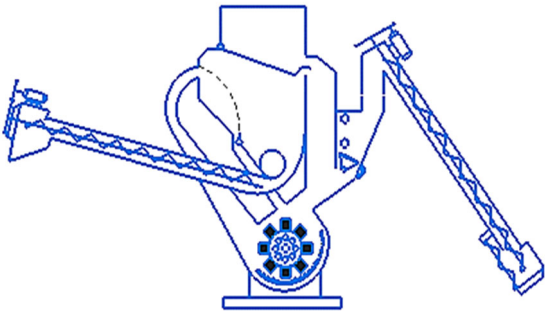
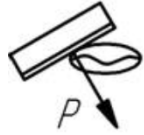
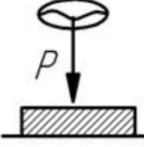
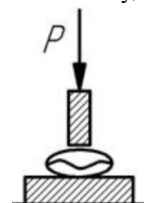
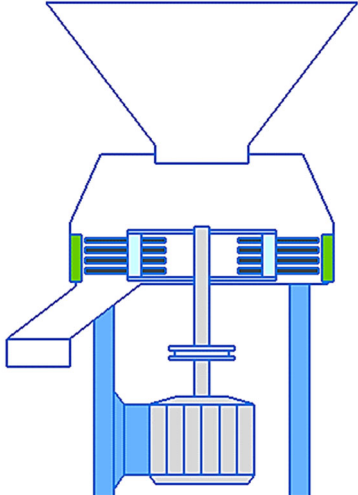

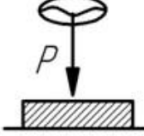
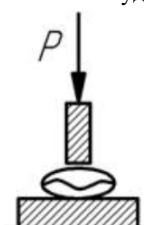
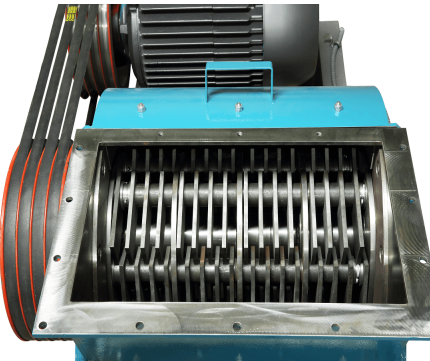

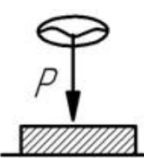
определение наиболее эффективных конструкций измельчителей и дозаторов концентрированных кормов и путей совершенствования их рабочих органов.


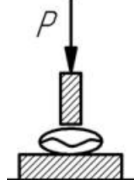
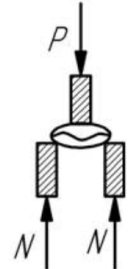
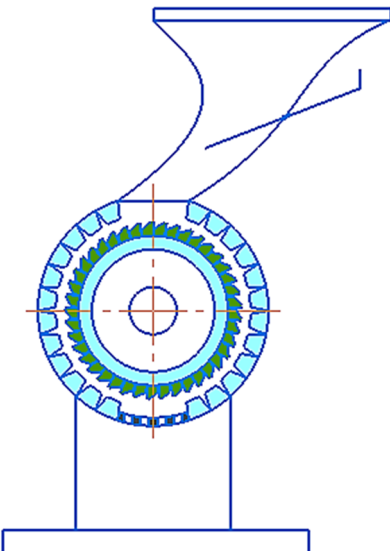


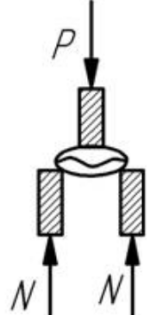
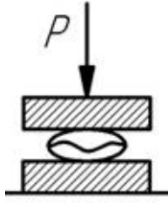
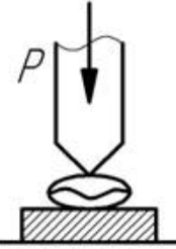
Объект и методы исследований. Основным оборудованием для измельчения кормового зерна в сельскохозяйственном производстве являются молотковые дробилки [2]. На сегодняшний день известны разные способы измельчения кормового зерна и большое количество молотковых дробилок и других измельчителей различных конструкций, используемых в сельском хозяйстве и комбикормовой промышленности. Для обоснования рациональной конструктивно-технологической схемы измельчителя-смесителя концентрированных кормов целесообразно использовать методы анализа и классификации существующих конструкций дозаторов, измельчителей и смесителей концентрированных кормов и системного анализа энергоёмкости технологического процесса измельчения кормового зерна.


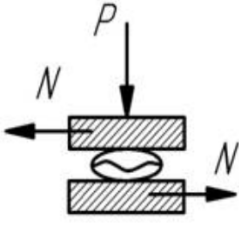
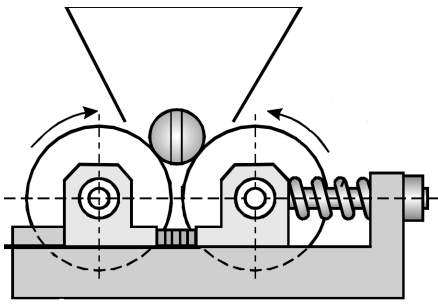

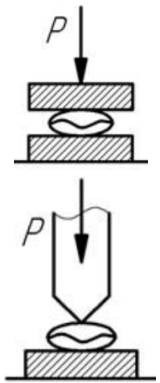
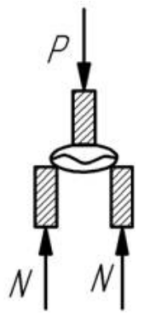
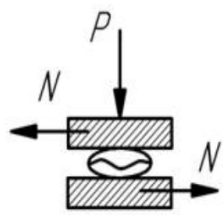
Результаты исследований и их обсуждение. В результате обзора литературных источников [7-22] произведен анализ существующих конструкций измельчающих аппаратов и рабочих органов измельчителей концентрированных кормов из фуражного зерна (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ конструкций измельчителей концентрированных кормов

Тип рабочего органа	Марка	Разработчики и исследователи	Способ измельчения (схема)
1	2	3	4
<p data-bbox="284 1128 609 1182">Горизонтальный молотковый барабан с решетом</p>  <p data-bbox="178 1648 715 1702">Способен измельчать все виды зерновых и зернобобовых при условии смены решет</p>	<p data-bbox="772 1348 868 1482">АКР-1 ДКМ-5 ДКМ-08 КДУ-2 ИВЗ-10Д</p>	<p data-bbox="938 1361 1114 1469">Мельников С.В., Резник Н.Е., Брагинец Н.В. и др.</p>	<p data-bbox="1235 954 1362 1008">Свободный удар</p>  <p data-bbox="1203 1223 1388 1254">Стесненный удар</p>  <p data-bbox="1222 1527 1372 1559">Разламывание</p> 

<p>Горизонтальный молотковый барабан (безрешетная дробилка)</p>  <p>Способен измельчать все виды зерновых и зернобобовых без конструктивной переналадки, однако требует применения специальной циклонной системы разделения дerti на фракции</p>	<p>ДБ-5 ДМБ-5</p>	<p>Мельников С.В., Рожковский М.Ф. и др.</p>	<p>Свободный удар</p>   <p>Стесненный удар</p> 
<p>Вертикальный молотковый барабан</p>  <p>Способен измельчать все виды зерновых и зернобобовых при условии смены решет. Наиболее простая и компактная конструкция.</p>	<p>ИУФ-1</p>	<p>Мельников С.В., Шаповалов В.И., Вольвак С.Ф. и др.</p>	<p>Свободный удар</p>   <p>Стесненный удар</p> 
<p>Молотковый барабан</p>  <p>Молотковой барабан в совокупности с решетом</p>	<p>АКР-1 ДКМ-5 ДКМ-08 КДУ-2 ДБ-5 ДМБ-5 ИУФ-1</p>	<p>Мельников С.В., Резник Н.Е., Брагинец Н.В., Шаповалов В.И. Вольвак С.Ф., Рожковский М.Ф. и др.</p>	<p>Свободный удар</p>  

			<p>Стесненный удар</p>  <p>Разламывание</p> 
<p>Горизонтальная роторная дробилка зерна</p>  <p>Конструкция относится к специальным измельчителям, для дробления конкретного вида зерновых</p> <p>Варианты рабочего органа роторной дробилки зерна</p> 	<p>Вектор Шмель ДКР-УМ</p>	<p>Мельников С.В., Лебедев А.Т., Искендеров Р.Р., Иванов В.В. и др.</p>	<p>Стесненный удар</p>  <p>Разламывание</p>  <p>Раскалывание</p>  

			<p>Истирание</p> 
<p>Вальцевый измельчитель зерна</p>  <p>Конструкция относится к специальным измельчителям для дробления конкретного вида зерновых</p> <p>Трехвалковый вариант рабочего органа вальцевого измельчителя зерна</p> 	<p>ДВ-300 ROmiLL Вектор</p>	<p>Мельников С.В., Пуцько А.И., Романчук Д.И., Савиных В.Н. и др.</p>	<p>Раскалывание</p>  <p>Разламывание</p>  <p>Истирание</p> 

Как видно из таблицы 1, для измельчения концентрированных кормов используются конструкции с рабочими органами разного типа. Однако не все типы способны измельчать многообразие зерновых без конструктивной доработки или переналадки. Существенными недостатками молотковых дробилок являются высокий расход энергии и неравномерность гранулометрического состава готового продукта, что не соответствует ГОСТ и зоотребованиям [2, 21]. Здесь наиболее перспективной является конструкция с вертикаль-

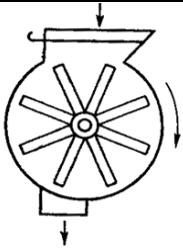
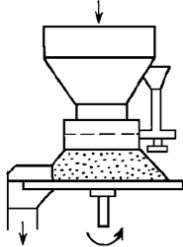
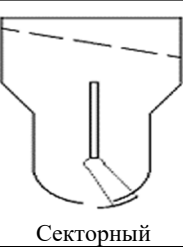
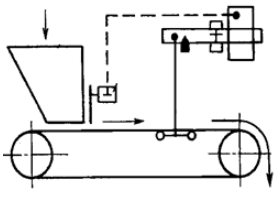
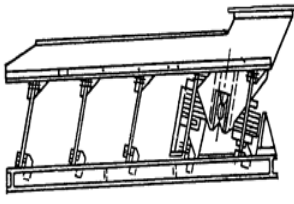
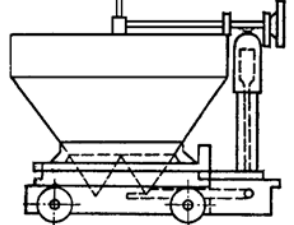
ным молотковым барабаном, как наиболее простая и универсальная, способная эффективно работать в комплексе с дозатором подаваемого на измельчение зерна.

В результате обзора литературных источников [21-26] произведен анализ технологических схем дозаторов сыпучих сельскохозяйственных материалов (таблица 2). На основании анализа данных, приведенных в таблице 2, можно сделать вывод, что барабанный дозатор является наиболее подходящим для согласованной работы в комплексе с дробилкой,

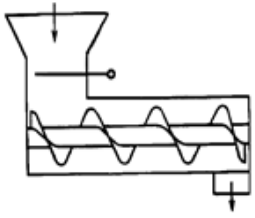
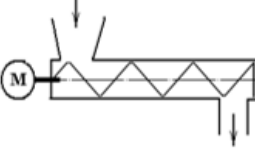
укомплектованной вертикальным молотковым барабаном. Данная конструкция дозатора позволяет создавать компактную многоканальную дозирующую систему, а это обеспечивает одновременную подачу несколько видов зерна на измельчение в рациональной для создания кормовой смеси пропорции. В результате вертикальный молотковый

барабан показал возможность существенного улучшения энерготехнологических характеристик процессов не только измельчения фуражного зерна, но и возможность качественно в комплексе с дозатором дозировать и смешивать сухие сыпучие кормовые смеси на базе одного агрегата.

Таблица 2 – Анализ технологических схем дозаторов сыпучих сельскохозяйственных материалов

Технологическая схема	Машины	Дозируемые материалы	Учёные, работавшие над проблемой	Преимущества	Недостатки
 <p>Барабанный</p>	ДП-1	Зерно, компоненты комбикормов	Некрашевич В.Ф., Мельников С.В., Кукта Г.М.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Надёжность 2. Простота работы и настройки. 3. Устойчивость работы 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пульсация подачи.
 <p>Тарельчатый</p>	МТД-3А МТД-4А ДДТ	Микродобавки, мел, мука, соль, компоненты комбикормов	Некрашевич В.Ф., Мельников С.В., Кукта Г.М.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Достаточная точность. 2. Простота в наладке и обслуживании 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Малая производительность. 2. Чувствительность к физико-механическим свойствам дозируемого материала.
 <p>Секторный</p>	ДК-10	Дерть, зерно, комбикорм	Сыроватка В.И., Некрашевич В.Ф., Мельников С.В., Кукта Г.М.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая производительность 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Требуют сводоразрушающих устройств
 <p>Ленточный</p>	-	Плохо сыпучие и сочные корма	Некрашевич В.Ф., Мельников С.В., Омельченко А.А.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Простота. 2. Минимальные потери. 3. Бесшумная работа. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чувствительность к физико-механическим устройствам
 <p>Вибрационный</p>	-	Зерно, мел, микродобавки	Леонтьев П.И., Земсков В.И., Омельченко А.А., Вольвак С.Ф., Богданов Е.В.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая точность. 2. Устойчивость подачи. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологически ненадежны. 2. Требовательны к механико-технологическим свойствам. 3. Фракционирование
 <p>Весовой</p>	ДК, АД, ДКМ-10	Премиксы, БВД, комбикорма, влажные кормовые смеси	Мельников С.В., Кукта Г.М.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая точность. 2. Высокая производительность 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая стоимость. 2. Сложность. 3. Чувствительность к окружающим условиям.

Продолжение таблицы 2

 <p>Шнековый</p>	ДС-15	Зерно, сочные корма	Мельников С.В., Гевко Б.М., Омельченко А.А., Григорьев А.М.	1. Универсальность. 2. Герметичность. 3. Простота. 4. Надёжность	1. Фракционирование. 2. Частичное измельчение и истирание частиц корма
 <p>Спирально-винтовой</p>	-	Сухие сыпучие корма	Гевко Б.М., Григорьев А.М., Артюх Н.Ф., Артюх А.Н., Брагинцев Н.В., Лангазов В.В.	1. Высокая компактность. 2. Бесшумность. 3. Простота. 4. Надёжность	1. Ограниченная область применения

Анализ конструкций существующих измельчителей и дозаторов зерна позволил сделать следующие выводы.

1. Наиболее перспективной является конструктивная схема дробилки зерна с вертикальным молотковым барабаном, снабжённым шарнирными молотками, сменным решетом и лопастной швырлялкой.

2. Эффективная работа дробилки будет достигаться при дозированной подаче зерна посредством барабанных дозаторов.

3. Комплект барабанных дозаторов позволит одновременно подавать несколько видов зерна на измельчение в рациональной для создания кормовой смеси пропорции.

4. Конструктивная схема дробилки зерна с вертикальным молотковым барабаном позволяет смешивать в приёмной и измельчающей камерах подаваемые барабанными дозаторами порции зерна и в выгрузной камере – уже измельчённое зерно.

5. Создаваемый при работе лопастной швырлялки воздушный поток за счёт всасывающего эффекта в приёмной и измельчающей камерах будет способствовать интенсификации процессов подачи, измельчения и смешивания зерна,

а в выгрузной камере – процессов смешивания и более надёжной транспортировки и выгрузки измельчённых компонентов кормовой смеси.

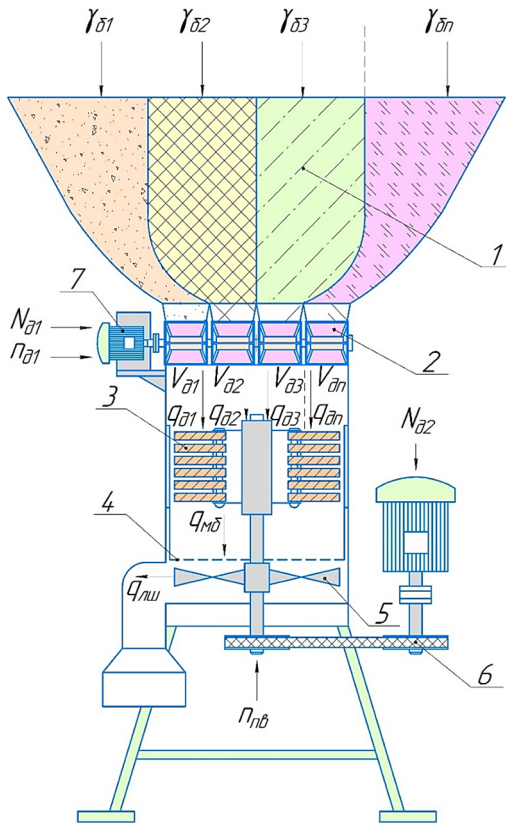
Таким образом, целесообразно в рациональной конструктивно-технологической схеме (КТС) измельчителя концентрированных кормов (рисунк 1) предусмотреть установку комплекта рабочих органов:

- секционного бункера, у которого каждая секция укомплектована собственным дозатором сыпучих продуктов;

- вертикального молоткового барабана, снабжённого шарнирными молотками;

- сменных решёт с различным диаметром отверстий;

- лопастной швырлялки для выгрузки кормовой смеси, а также для создания за счёт всасывающего эффекта воздушного потока для улучшения условий процессов непрерывного дозирования и измельчения различного кормового зерна и смешивания, транспортировки и выгрузки уже измельчённых компонентов кормовой смеси.



$\gamma_{\delta 1} \dots \gamma_{\delta n}$ – объёмный вес зерновых материалов и других компонентов кормовой смеси в секциях бункера;
 $V_{\delta 1} \dots V_{\delta n}$ – рабочие объёмы барабанных дозаторов;
 $q_{\delta 1} \dots q_{\delta n}$ – подача компонентов кормовой смеси дозаторами на измельчение с одновременным смешиванием;
 $q_{мб}$ – пропускная способность молоткового барабана;
 $q_{ли}$ – производительность лопастной швырлялки;
 $N_{\delta 1}$ – мощность, потребная на привод дозаторов;
 $N_{\delta 2}$ – мощность, потребная на привод рабочих органов измельчителя;
 $n_{\delta 1}$ – частота вращения приводного вала дозаторов;
 $n_{лв}$ – частота вращения приводного вала молоткового барабана и лопастной швырлялки; 1 – секционный бункер; 2 – блок объёмных дозаторов; 3 – молотковый барабан; 4 – решето; 5 – лопастная швырлялка; 6 – привод дробилки; 7 – привод дозаторов

Рис. 1 – КТС эффективного измельчителя-смесителя концентрированных кормов

Измельчитель-смеситель работает следующим образом. Несколько видов кормового зерна зерновых и зернобобовых культур, входящих в состав кормовой смеси, загружаются в секционный бункер. Затем дозаторы подают зерно в установленной пропорции в измельчающую камеру на измельчение с одновременным смешиванием. Измельчение и смешивание происходит в результате воздействия на зерно молотков вертикального барабана и решета, конструктивно выполненных так, что обеспечивается одинаково эффективное и одновременное дробление разных видов кормового зерна. Лопастная швырлялка выбрасывает полученную измельчённую кормовую смесь в накопитель готовой продукции. При этом лопастная швырлялка создаёт воздушный поток, что способствует в приёмной и измельчающей камерах ориентации и подаче зерна на вращающиеся молотки, прохождению дерги нужного размера сквозь отверстия решета и предварительному смешиванию кормовой смеси,

а в выгрузной камере – окончательному смешиванию и получению готового продукта.

Применение вертикального молоткового барабана позволит одновременно разрушать часть подаваемой массы зерна свободным ударом, часть – стеснённым ударом и часть – посредством разламывания, а также снизить энерго- и металлоёмкость конструкции, повысить износостойкость молотков, уменьшить уровни шума и вибрации и получить достаточно однородный состав готового продукта, что в целом будет способствовать повышению эффективности процесса измельчения концентрированных кормов.

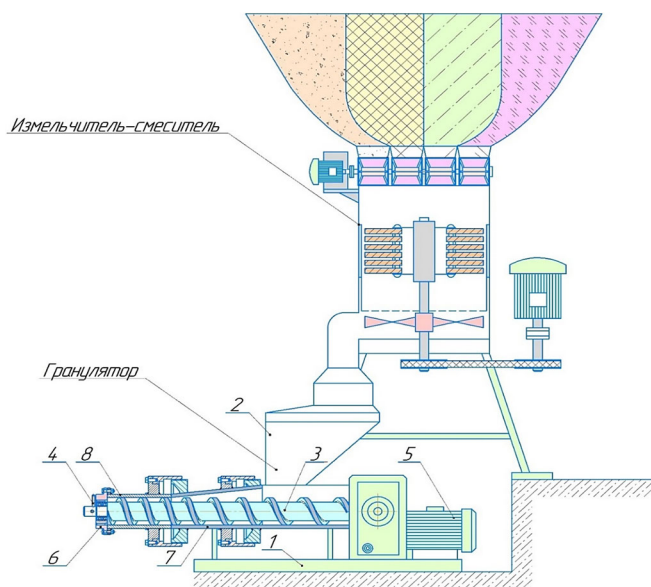
Основным критерием эффективности предлагаемого измельчителя-смесителя концентрированных кормов является энергоёмкость технологического процесса, которая может быть выражена в логической форме (пояснения по параметрам см. на рисунке 1)

$$\mathcal{E}_\delta = f(N, q, \lambda) = \begin{cases} N_{\delta 1} \Lambda q_{\delta 1} \dots q_{\delta n}, & \text{где } q_{\delta 1} \dots q_{\delta n} = f(n_{\delta 1}, \gamma_{\delta 1} \dots \gamma_{\delta n}, V_{\delta 1} \dots V_{\delta n}); \\ N_{\delta 2} \Lambda q_{мб} \Lambda q_{ли} \Lambda \lambda, & \text{где } q_{мб}, q_{ли}, \lambda = f(q_{\delta 1} \dots q_{\delta n}, n_{лв}). \end{cases} \quad (1)$$

Из вышеизложенного можно выдвинуть концепцию повышения эффективности технологического процесса измельчения концентрированных кормов путём объединения в единую конструкцию системы дозирования различных зерновых кормов и вертикальной молотковой дробилки, способной осуществлять измельчение с одновременным смешиванием компонентов кормовой смеси в установленной пропорции.

Поскольку кормовые смеси, изготовленные на основе измельчённого зерна зерновых и зернобобовых культур,

часто скармливаются сельскохозяйственным животным и птице в гранулированном виде, предлагаемая конструкция измельчителя-смесителя может легко агрегатироваться с гранулятором кормов. КТС поточно-технологической линии дозирования-измельчения-смешивания концентрированных кормов и их последующего гранулирования представлена на рисунке 2. В данной поточно-технологической линии предлагается конструкция, например, шнекового гранулятора кормов [27].



1 – рама; 2 – накопительный бункер; 3 – шнек с навивкой переменного шага; 4 – шпилька; 5 – приводная станция; 6 – плоская матрица; 7 – первая секция деки; 8 – вторая секция деки

Рис. 2 – КТС линии дозирования-измельчения-смешивания концентрированных кормов и их последующего гранулирования

Следовательно, предлагаемая КТС поточно-технологической линии приготовления кормовых смесей, объединяя в единую конструкцию системы дозирования кормового зерна в установленной пропорции, измельчения с одновременным смешиванием компонентов и последующего гранулирования кормовой смеси, позволит повысить эффективность технологического процесса по сравнению с другими конструкциями комбикормовых агрегатов за счёт относительно низкой энерго- и металлоёмкости конструкции, высокой износостойкости молотков, меньших уровней шума и вибрации и получения достаточно однородного состава готового продукта без применения отдельного смесителя кормов.

Выводы. Обобщая приведенные рассуждения, можно сделать следующие выводы.

1. Анализ конструкций существующих измельчителей и дозаторов зерна обосновывает возможность повышения эффективности технологического процесса измельчения

концентрированных кормов путём объединения в единую конструкцию системы дозирования различных зерновых кормов и вертикальной молотковой дробилки, способной осуществлять измельчение с одновременным смешиванием компонентов кормовой смеси в установленной пропорции.

2. Применение вертикального молоткового барабана реализует более эффективное измельчение концентрированных кормов за счёт возможности одновременно разрушать часть подаваемой массы зерна свободным ударом, часть – стеснённым ударом и часть – посредством разламывания.

3. Разработанная конструктивно-технологическая схема поточно-технологической линии приготовления кормовых смесей объединяет в единую конструкцию системы дозирования, измельчения, смешивания и гранулирования кормовой смеси без применения отдельного смесителя кормов и повышает эффективность технологического процесса по сравнению с другими конструкциями.

Бібліографія

1. Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 г. № 2567-р.
2. Шкондин В.Н. Разработка способа измельчения кормового зерна и обоснование параметров двухступенчатого измельчителя : дис. ... канд. техн. наук. зерноград, 2018. 173 с.
3. Организация полноценного кормления высокопродуктивных коров (рекомендации). М. : ФГУ РЦСК, 2008. 58 с.
4. Рындин А.Ю. Молотковая дробилка для личных подсобных и крестьянских фермерских хозяйств // Вестник НГИЭИ. 2014. № 8 (39). С. 97-101. EDN SNRIBR.
5. Сыроватка В.И. Основные закономерности процесса измельчения зерна в молотковой дробилке // Электрификация сельского хозяйства: Научные труды ВИЭСХ. М., 1964. Вып. 14. С. 89-157.
6. Карпин В.Ю., Паталайнен Л.С. Обзор факторов, оказывающих влияние на энергоёмкость процесса измельчения кормов // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 6. Ч. 1. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/06/36305>.
7. Мельников С.В. Классификация молотковых дробилок // Механизация сельскохозяйственного производства: Записки ЛСХИ. Л. : 1972. С. 3-8.
8. Сыроватка В.И. Машинные технологии приготовления комбикормов в хозяйствах. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства РАСХН, 2010. 248 с. ISBN 9875859413935. EDN RUUFUH.
9. Патент 28308 А Україна, МПК А01F29/10, В02С18/22. Малогабаритний універсальний фермерський подрібнювач-змішувач кормів / В.І. Шаповалов, С.Ф. Вольвак, З.У. Болоташвілі. Заявитель Луганский сельскохозяйственный институт. : № 96051981 : Заявл. 21.05.1996; Опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5–II. С. 1-4. EDN TXANJZ.
10. Патент 32794 А Україна, МПК А01F29/00. Малогабаритний кормопідготовчий агрегат / В.І. Шаповалов, С.Ф. Вольвак. Заявитель Луганский сельскохозяйственный институт : № 98042012 : Заявл. 22.04.1998; Опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1. EDN TXANEF.

11. Вольвак С.Ф., Шаповалов В.И. Анализ гибкости технической системы по приготовлению кормов. *Інновації в АПК: проблеми і перспективи*. 2021. № 2(30). С. 18-26. EDN GIVLCJ.
12. Шаповалов В.И., Болоташвили З.У., Вольвак С.Ф., Лысенко И.Б. Разработка гибких систем – эффективный путь механизации сельскохозяйственного производства // *Вісник Східноукраїнського державного університету*. Луганськ : Вид-цтво СУДУ, 1996. № 1. С. 169-173. EDN YGTOKV.
13. Шаповалов В.И., Вольвак С.Ф., Болоташвили З.У. Разработка гибкого универсального малогабаритного кормоприготовительного агрегата ИУФ-1 // *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: Збірник наукових праць*. Кіровоград : КІСМ, 1997. С. 113-116. EDN WZSBML.
14. Константинов М.М., Нуралин Б.Н., Джапаров Р.Р., Нуралин А.Ж. Совершенствование рабочих органов измельчителя-смесителя кормов ИСК-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-rabochih-organov-izmelchitelja-smesitelja-kormov-isk-3>.
15. Ковалев С.В. Повышение эффективности измельчителя корнеплодов и обоснование конструктивно-технологических параметров его рабочих органов: дис. ... канд. техн. наук. Луганск, 2012. 152 с.
16. Искендеров Р.Р., Лебедев А.Т. Молотковые дробилки: достоинства и недостатки // *Вестник АПК Ставрополя*. 2015. № 1 (17). С. 27-30.
17. Искендеров Р.Р. Повышение эффективности процесса измельчения зерновых материалов в горизонтальной роторной дробилке: дис. ... канд. техн. наук. Ставрополь, 2017. 155 с.
18. Иванов В.В. Совершенствование режимов работы дискового измельчителя кормового зерна: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014. 120 с.
19. Коношин И.В. Совершенствование процесса измельчения и обоснование конструктивно-режимных параметров молотковой дробилки с решетом спиралевидной формы: дис. ... канд. техн. наук. Орел, 2004. 146 с.
20. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Семернина М.А. Дробилка для зерна с комбинированной дробильной камерой // *Інновації в АПК: проблеми і перспективи*. 2021. № 1 (29). С. 27-39. EDN RJOBSP.
21. Коба В.Г., Брагинец Н.В., Мурусидзе Д.Н., Некрашевич В.Ф. Механизация и технология производства продукции животноводства. М. : Колос, 1999. 528 с. ISBN 5-10-002870-X. EDN RPNMN.
22. Сысуев В., Савиных П., Халтурин В. Оборудование для переработки зерна // *Комбикормовая промышленность*. 1997. № 5. С. 13-14.
23. Брагинец Н.В., Вольвак С.Ф., Лангазов В.В. Выбор дозатора концентрированных кормов для малых ферм // *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету: Технічні науки*. 2003. № 31. С. 65-69. EDN WTJTJB.
24. Лангазов В.В. Повышение эффективности технологического процесса дозирования концентрированных кормов: дис. ... канд. техн. наук. Луганск, 2005. 147 с.
25. Вольвак С.Ф., Богданов Е.В. К обоснованию конструктивно-технологической схемы дозатора мобильного комби-кормоприготовительного агрегата // *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія : Технічні науки*. 2005. № 49 (72). С. 111-115. EDN WTKBWZ.
26. Богданов Е.В. Обоснование технологического процесса и разработка конструкции вибрационного дозатора мобильного комбикормоприготовительного агрегата: дис. ... канд. техн. наук. Луганск, 2006. 180 с.
27. Патент на полезную модель № 192090 U1 RU, МПК А23N 17/00 (2006.01) Гранулирующий шнековый пресс для кормовых смесей с травяной мукой / С.Ф. Вольвак, Д.Н. Бахарев, А.А. Добрицкий. Патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. № 2019121416; Заяв. 05.07.2019; Опубл. 03.09.2019; Бюл. № 25. 7 с. : ил. EDN PTORXL.

References

1. Strategiya razvitiya agropromyshlennogo i rybohozyajstvennogo kompleksov Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda : rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 8 sentyabrya 2022 g. № 2567-r. [Strategy for the development of agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030 : Decree of the Government of the Russian Federation № 2567-r dated September 8, 2022].
2. Shkondin V.N. Razrabotka sposoba izmel'cheniya kormovogo zerna i obosnovanie parametrov dvuhstupenchatogo izmel'chatelya [Development of a method for grinding feed grain and justification of the parameters of a two-stage shredder] : dis. ... candidate of Technical Sciences. Zernograd, 2018. 173 p.
3. Organizaciya polnocennogo kormleniya vysokoproduktivnyh korov (rekommendacii) [Organization of full-fledged feeding of highly productive cows (recommendations)]. Moscow: Federal State University RCSI, 2008. 58 p.
4. Ryndin A.Yu. Molotkovaya drobilka dlya lichnyh podsobnyh i krest'yanskih fermerskih hozyajstv [Hammer crusher for personal subsidiary and peasant farms] // *Vestnik Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics*. 2014. № 8 (39). Pp. 97-101. EDN SNRIBR.
5. Syrovatka V.I. Osnovnye zakonomernosti processa izmel'cheniya zerna v molotkovoj drobilke [The main regularities of the grain grinding process in a hammer crusher] // *Electrification of agriculture: Scientific works of All-Russian Scientific Research Institute of Electrification of Agriculture*. M., 1964. Issue. 14. Pp. 89-157.
6. Karpin V.Yu., Patalainen L.S. Obzor faktorov, okazyvayushchih vliyaniye na energoemkost' processa izmel'cheniya kormov [Review of factors influencing the energy intensity of the feed grinding process] // *Modern scientific research and innovation*. 2014. № 6. Part 1. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/06/36305>.
7. Melnikov С.В. Klassifikaciya molotkovykh drobilok [Classification of hammer crushers] // *Mechanization of agricultural production: Notes of LSHI*. L. : 1972. Pp. 3-8.
8. Syrovatka V.I. Mashinnye tekhnologii prigotovleniya kombikormov v hozyajstvakh [Machine technologies of preparation of compound feeds in farms]. Moscow : All-Russian Scientific Research Institute of mechanization of Animal husbandry RASKHN, 2010. 248 p. ISBN 9875859413935. EDN RUUFUH.
9. Patent 28308 A Ukraine, IPC A01F29/10, V02S18/22. Malogabaritnij universal'nij fermers'kij podribnyuvach-zmishuvach kormiv [Small-sized universal farm shredder-feed mixer] / V.I. Shapovalov, S.F. Volvak, Z.U. Bolotashvili / V.I. Shapovalov, S.F. Volvak, Z.U. Bolotashvili. The applicant is Lugansk Agricultural Institute : № 96051981 : Application 21.05.1996; Publ. 16.10.2000, Bul. № 5-II. Pp. 1-4.

10. Patent 32794 A Ukraine, IPC A01F29/00. Malogabaritnyj kormopodgotovitel'nyj agregat [Small-sized feed preparation unit] / V.I. Shapovalov, S.F. Volvak. The applicant is Lugansk Agricultural Institute : № 98042012 : Application 22.04.1998; Publ. 15.02.2001, Bul. № 1. EDN TXANEF.
11. Volvak S.F., Shapovalov V.I. Analiz gibkosti tehničkoj sistemy po prigotovleniju kormov [Analysis of the flexibility of the technical system for the preparation of feed]. Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2021. № 2(30). Pp. 18-26. EDN GIVLCJ.
12. Shapovalov V.I., Bolotashvili Z.U., Volvak S.F., Lysenko I.B. Razrabotka gibkix sistem – e'ffektivny'j put' mexanizacii sel'skochozajstvennogo proizvodstva [Development of flexible systems – an effective way of mechanization of agricultural production] // Bulletin of the East Ukrainian State University. Luhansk: EUSU publ., 1996, № 1, pp. 169-173. EDN YGTOKV.
13. Shapovalov V.I., Volvak S.F., Bolotashvili Z.U. Razrabotka gibkogo universal'nogo malogabaritnogo kormoprigotovitel'nogo agregata IUF-1 [Development of a flexible universal small-sized feed preparation unit IUF-1] // Problems of design, production and operation of agricultural machinery: collection of scientific papers. Kirovograd: KISM publ., 1997. Pp. 113-116. EDN WZSBML.
14. Konstantinov M.M., Nuralin B.N., Dzhaparov R.R., Nuralin A.J. Sovershenstvovanie rabochih organov izmel'chitelja-smesitelja kormov ISK-3 [Improvement of the working bodies of the ISK-3 feed-grinding mixer]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-rabochih-organov-izmelchitelya-smesitelya-kormov-isk-3>
15. Kovalev S.V. Povyshenie effektivnosti izmel'chitelya korneplodov i obosnovanie konstruktivno-tehnologičeskix parametrov ego rabochih organov [Improving the efficiency of the root crop shredder and substantiating the design and technological parameters of its working bodies]: dis. ... candidate of Technical Sciences. Lugansk, 2012. 152 p.
16. Iskenderov R.R., Lebedev A.T. Molotkovye drobilki: dostoinstva i nedostatki [Hammer crushers: advantages and disadvantages] // Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol. 2015. № 1 (17). Pp. 27-30.
17. Iskenderov R.R. Povyshenie effektivnosti processa izmel'čeniya zernovyh materialov v gorizontальной rotoznoj drobilke [Improving the efficiency of the process of grinding grain materials in a horizontal rotary crusher]: dis. ... candidate of Technical Sciences. Stavropol, 2017. 155 p.
18. Ivanov V.V. Sovershenstvovanie rezhimov raboty diskovogo izmel'chitelya kormovogo zerna [Improving the operating modes of the feed grain disc shredder]: dis. ... candidate of Technical Sciences. Moscow, 2014. 120 p.
19. Konoshin I.V. Sovershenstvovanie processa izmel'čeniya i obosnovanie konstruktivno-rezhimnyh parametrov molotkovoj drobilki s rešetom spiralevidnoj formy [Improvement of the grinding process and justification of the design and operating parameters of a hammer crusher with a spiral-shaped sieve]: dis. ... candidate of Technical Sciences. Eagle, 2004. 146 p.
20. Vendin S.V., Saenko Yu.V., Semernina M.A. Drobilka dlja zerna s kombinirovannoj drobil'noj kameroy [Grain crusher with combined crushing chamber] // Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2021. № 1 (29). Pp. 27-39. EDN RJOBSP.
21. Koba V.G., Braginets N.V., Murusidze D.N., Nekrashevich V.F. Mekhanizacija i tehnologija proizvodstva produkcii zhivotnovodstva [Mechanization and technology of livestock production]. M. : Kolos, 1999. 528 p. ISBN 5-10-002870-X. EDN RPONMN.
22. Sysuev V., Savinykh P., Khalturin V. Oborudovanie dlja pererabotki zerna [Equipment for grain processing] // Feed industry. 1997. № 5. Pp. 13-14.
23. Braginets N.V., Volvak S.F., Langazov V.V. Vybor dozatora koncentrirovannyh kormov dlja malyh ferm [Selection of the dispenser of concentrated feed for small farms] // Scientific Bulletin of Luhansk National Agrarian University: Technical Sciences. 2003. № 31. Pp. 65-69. EDN WTJTJB.
24. Langazov V.V. Povyshenie effektivnosti tehnologičeskogo processa dozirovaniya koncentrirovannyh kormov [Improving the efficiency of the technological process of dosing concentrated feeds]: dis. ... candidate of Technical Sciences. Lugansk, 2005. 147 p.
25. Volvak S.F., Bogdanov E.V. K obosnovaniyu konstruktivno-tehnologičeskogo skhemy dozatora mobil'nogo kombikormoprigotovitel'nogo agregata [To substantiation of the design and technological scheme of the dispenser of a mobile mixed feed preparation unit] // Collection of scientific works of Luhansk National Agrarian University. Series: Technical Sciences. 2005, № 49 (72). Pp. 111-115. EDN WTKBWZ.
26. Bogdanov E.V. Obosnovanie tehnologičeskogo processa i razrabotka konstrukcii vibracionnogo dozatora mobil'nogo kombikormoprigotovitel'nogo agregata [Substantiation of the technological process and design development of the vibrating dispenser of the mobile feed preparation unit]: dis. ... candidate of Technical Sciences. Lugansk, 2006. 180 p.
27. Utility model patent № 192090 U1 RU, IPC A23N 17/00 (2006.01) Granuliruyushchij shnekovij press dlja kormovyh smesej s travjanoj mukoj [Granulating screw press for feed mixtures with grass flour] / S.F. Volvak, D.N. Bakharev, A.A. Dobritsky. The patent holder of the Belgorod State Agrarian University. № 2019121416; Application. 05.07.2019; Publ. 03.09.2019; Bul. № 25. 7 p. : ill. EDN PTORXL.

Сведения об авторах

Вольвак Сергей Федорович, кандидат технических наук, профессор кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-12-80, e-mail: volvak.s@yandex.ru;

Шаповалов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ГОУ ВО ЛНР Луганский ГАУ, городок ЛГАУ 1, г. Луганск, ЛНР, 91008.

Information about author

Volvak Sergey Fedorovich, candidate of technical sciences, professor of the department of electrical equipment and electrical technologies in the agro-industrial complex Federal, State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7 4722 39-12-80, e-mail: volvak.s@yandex.ru;

Shapovalov Viktor Ivanovich, doctor of technical sciences, professor of the department of agricultural machinery of the State Educational Institution of Higher Education LPR «Luhansk State Agrarian University», the town of LGAU 1, Lugansk, LPR, 91008.

УДК 631.365.001.6:635.61:65.011

А.А. Добрицкий

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУШИЛКИ ВЫСОКОВЛАЖНЫХ СЕМЯН БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Свежесобранные семена бахчевых культур, полученные в результате выделения из плодов, имеют высокую влажность, при которой в семенной массе быстро развивается процесс самосогревания, что усиливает дыхание семян и активизирует деятельность микроорганизмов. Все это приводит к необходимости сушки семян в максимально сжатые сроки. Современное сушильное оборудование непрерывного действия не позволяет за один проход сушильной камеры получить качественный семенной материал кондиционной влажности. Предложена конструкция сушилки высоковлажных семян бахчевых культур, в которой реализован принцип дифференцированного подвода тепла к принудительно перемешиваемому материалу. В статье представлена расчетная модель функционирования предложенной сушилки высоковлажных семян бахчевых культур, разработана функция взаимосвязи параметров выполняемого технологического процесса в виде математической модели, а также представлена функционально-параметрическая схема ее работы. Расчетная модель функционирования сушилки состоит из трех звеньев, совокупность которых характеризует последовательность выполнения операций технологического процесса сушки. В модели определены входные сигналы задающие условия работы сушилки, выходные сигналы, энергетические показатели и основные значимые факторы влияющие на технологический процесс сушки (результат реакции модели). Функция взаимосвязи параметров технологического процесса сушки предложенного типа сушилок показала, что удельная энергоёмкость и качественные показатели сушки, зависят от конструктивных особенностей камеры сушки и режимов ее работы. Построенная расчётная модель функционирования сушилки высоковлажных семян бахчевых культур позволяет охарактеризовать последовательность выполнения операций и проведения теоретических и экспериментальных исследований технологического процесса сушки высоковлажных семян бахчевых культур.

Ключевые слова: сушка, технологический процесс, бахчевые, высоковлажные семена, дифференцированный подвод тепла, сушилка, энергоёмкость, модель функционирования.

SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF A MODEL FOR THE FUNCTIONING OF A DRYER OF HIGH-MOISTURE MELON CROPS SEEDS

Abstract. Freshly harvested seeds of melon crops, obtained because of isolation from fruits, have a high moisture, at which the process of self-heating develops rapidly in the seed mass, which enhances the respiration of seeds and activates the activity of microorganisms. All this leads to the need to dry the seeds as soon as possible. Modern continuous drying equipment does not allow to obtain high-quality seed material of conditioned humidity in one pass of the drying chamber. The design of a dryer for high-moisture melon crops seeds is proposed, in which the principle of differentiated heat supply to the forcibly mixed material is implemented. The article presents a computational model of the functioning of the proposed dryer of high-moisture melon crops seeds, a function of the relationship of the parameters of the technological process in the form of a mathematical model is developed, and a functional parametric scheme of its operation is also presented. The design model operation of the dryer operation consists of three links, the totality of which characterizes the sequence of operations of the drying process. The model defines input signals that set the operating conditions of the dryer, output signals, energy indicators and the main significant factors affecting the drying process (the result of the model's reaction). The function of the relationship between the parameters of the technological drying process of the proposed type of dryers showed that the specific energy intensity and quality indicators of drying depend on the design features of the drying chamber and its operating modes. The constructed computational model of the functioning of the dryer of high-moisture melon crops seeds allows us to characterize the sequence of operations and conduct theoretical and experimental studies of the technological process of drying high-moisture melon crops seeds.

Keywords: drying, technological process, melons, seeds with high moisture content, differentiated heat supply, dryer, energy intensity, functioning model.

Введение. Самыми распространенными бахчевыми культурами являются арбузы, тыквы, дыни, общая площадь посевов которых составляет 112 тыс. гектаров [1]. Плоды бахчевых являются диетическим продуктом питания для людей любого возраста, как в свежем, так и в переработанном виде и является ценным сырьем для технической переработки, а кормовые сорта являются сочным кормом для сельскохозяйственных животных [2, 3].

В технологическом процессе послеуборочной обработки бахчевых культур наиболее сложной и ответственной операцией является сушка семян, так как она определяет качество посевного материала и сроки его хранения [2-4].

К основным особенностям технологического процесса сушки высоковлажных семян бахчевых культур относится [3-5]: высокая стартовая влажность, затрудняющая прохождение потока теплоносителя через слой семян; в процессе сушки слой семян покрывается коркой и ухудшает теплообмен; требуется предварительное обезвоживание семян перед сушкой; перегрев семян приводит к недопустимому растрескиванию оболочек.

На основании проведенного обзора, анализа конструкций сушилок и сушильного оборудования семян бахчевых

культур [6], нами была выдвинута концепция повышения эффективности технологического процесса сушки высоковлажных семян бахчевых культур путем совершенствования конструкции комбинированной сушилки, в которой реализован принцип дифференцированного подвода тепла к принудительно перемешиваемому материалу. В результате чего предложена новая конструктивно-технологическая схема и разработана сушилка высоковлажных семян бахчевых культур [7-9].

Объект и методы исследований. Объектом исследования является технологический процесс сушки высоковлажных семян бахчевых культур сушилкой непрерывного действия с дифференцированным подводом тепла к принудительно перемешиваемому материалу. Теоретические исследования базируются на методах системного анализа, теории сушки, теории теплообмена, математического моделирования технологических процессов и основных положениях высшей математики, теоретической механики, физики.

Результаты исследований и их обсуждение. После выбора конструктивно-технологической схемы сушилки высоковлажных семян бахчевых культур, в которой реали-

зован принцип дифференцированного подвода тепла к принудительно перемешиваемому материалу [7-10], построение плана теоретических исследований упрощает расчетная модель функционирования сушилки [11-13]. Модель функционирования позволяет представить технологический процесс сушки в наглядной графической форме и в виде математической модели взаимосвязи параметров выполняемого процесса. Кроме этого, модель функционирования выявляет критерии оценки эффективности выполнения технологического процесса сушки высоковлажных семян бахчевых культур [12, 13].

Необходимым условием получения полноценных результатов теоретических исследований является наличие расчетной модели функционирования всей сушилки, независимо от того, какое из взаимосвязанных звеньев этой машины исследуется [11-14].

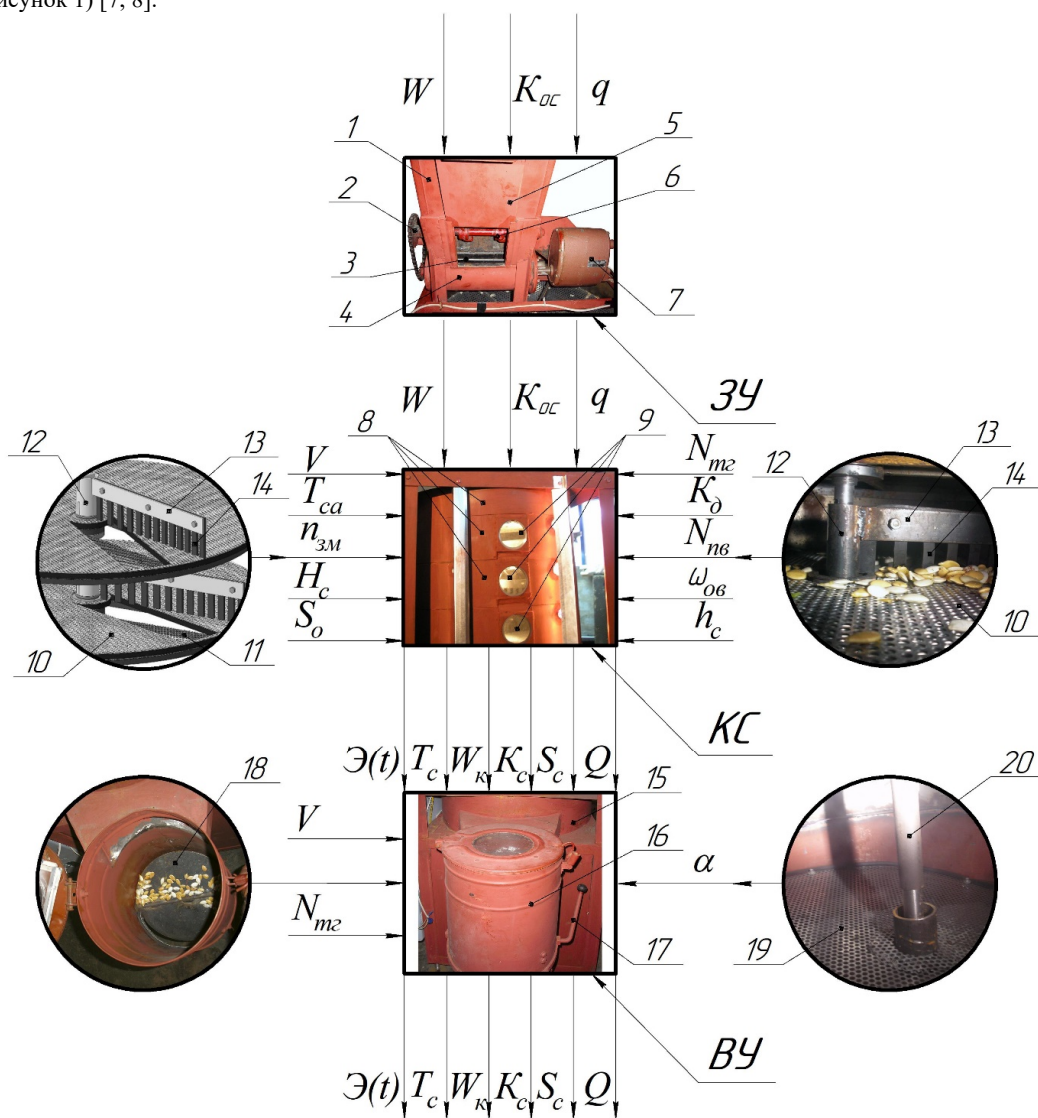
Расчетная модель функционирования разрабатываемой сушилки высоковлажных семян бахчевых культур построена в соответствии с конструктивно-технологической схемой [7] и состоит из трех частей (звеньев): загрузочного устройства (ЗУ), камеры сушки (КС), выгрузного устройства (ВУ) (рисунок 1) [7, 8].

Совокупность этих звеньев характеризует последовательность выполнения операций технологического процесса сушки высоковлажных семян бахчевых культур.

Эффективность выполнения технологического процесса сушки зависит от условий работы сушилки. Задаваемые условия работы можно назвать входными сигналами, к которым относятся: величина подачи семян в сушильную камеру q , их влажность W и качество отмывки семян K_{oc} [7, 12-14].

Результатом реакции являются выходные показатели, к которым относятся: энергоёмкость процесса сушки $\mathcal{E}(t)$, температура семян T_c , кондиционная влажность семян W_k , качество семян K_c , скорость сушки S_c и производительность Q .

На выходные показатели оказывает влияние: скорость сушильного агента V , его температура T_{ca} , аэродинамическое сопротивление семенного слоя и конструктивных элементов сушильной камеры H_c , площадь сечения газораспределительного окна S_o , количество зубьев мешалки $n_{зм}$, количество дисков K_d , число оборотов ворошилки $\omega_{ов}$, толщина слоя семян h_c .



ЗУ – загрузочное устройство; КС – камера сушки; ВУ – выгрузное устройство; 1 – бункер; 2 – привод ворошилки бункера; 3 – лопастной барабан; 4 – корпус барабана; 5 – заслонка; 6 – ворошилка семян; 7 – электродвигатель; 8 – секции камеры сушки; 9 – смотровые окна; 10, 11 – неподвижное и подвижное газораспределительное решето секции; 12 – втулка; 13 – ворошилка; 14 – эластичные зубья ворошилки; 15 – наклонная секция; 16 – накопительных бункер; 17 – рычаг заслонки; 18 – заслонка бункера; 19 – наклонное газораспределительное решето; 20 – приводной вал ворошилок

Рис. 1 – Расчетная модель функционирования сушилки высоковлажных семян бахчевых культур

Энергетической характеристикой модели является мощность, потребляемая теплогенератором N_{mg} и потребляемая на привод ворошилки N_{nv} .

$$\mathcal{E}(t) = f(Q, N_{mg}, N_{nv}, K_c) = (q \Lambda K_{oc} \Lambda V \Lambda T_{ca} \Lambda H_c \Lambda S_o, \Lambda n_{зм} \Lambda K_d \Lambda \omega_{ов} \Lambda h_c \Lambda T_c \Lambda W_k \Lambda S_c), \quad (1)$$

где Λ – знак конъюнкции.

Из функции взаимосвязи параметров следует, что сушка высоковлажных семян бахчевых культур – это сложный процесс, который характеризуется большим количеством реакций системы на задаваемые условия работы. Эффективность выполнения технологического процесса сушки высоковлажных семян бахчевых культур исходя из построенной модели функционирования оценивается по удельной энергоёмкости процесса и скорости сушки и качества семян. Так как при расчете скорости сушки учитываются параметры материала (начальная и конечная влажность семян, их размерные характеристики) и режимные параметры сушилки (температура теплоносителя, ограниченная предельно допустимым значением нагрева семян, скорость теплоносителя, размеры сушильной камеры и др.) [15-20], то эффективность выполнения технологического процесса можно оценивать только по удельной энергоёмко-

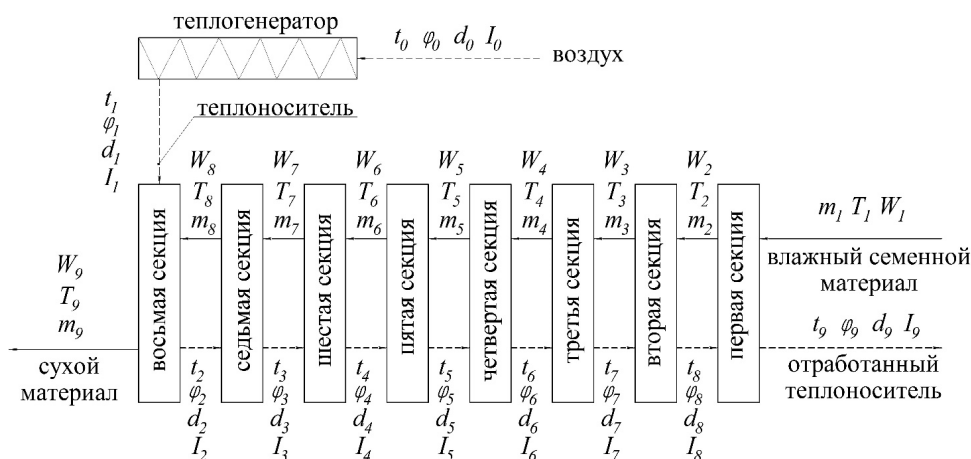
Функция взаимосвязи параметров технологического процесса сушки высоковлажных семян бахчевых культур получена из расчетной модели функционирования сушилки и представлена уравнением:

сти, поскольку вышеприведенные показатели являются составляющими производительности сушилки [15-23]. Удельную энергоёмкость процесса сушки семян бахчевых культур можно определить по формуле [23, 24]:

$$\mathcal{E}_y = \frac{N}{Q}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг}, \quad (2)$$

где N – мощность, потребная сушилкой, кВт; Q – производительность сушилки, кг/ч.

Функция взаимосвязи параметров также показала, что удельная энергоёмкость и качественные показатели сушки, зависят от конструктивных особенностей камеры сушки и режимов ее работы, поэтому предлагается следующая функционально-параметрическая схема работы сушилки, которая представлена на рисунке 2.



t – температура теплоносителя; ϕ – относительная влажность; d – влагосодержание теплоносителя; I – энтальпия теплоносителя; m – масса семенного материала; T – температура семян; W – влажность семян

Рис. 2 – Функционально-параметрическая схема работы сушилки высоковлажных семян бахчевых культур

Из предложенной функционально-параметрической схемы работы сушилки высоковлажных семян бахчевых культур видно, что конструкция камеры сушилки предусматривает дифференцированный подвод тепла к принудительно перемешиваемому материалу. Под дифференцированным подводом тепла следует понимать поступление теплоносителя в зону предварительно просушенных семян, выдерживающих более высокую температуру, а затем при меньшей температуре в зону с семенами высокой влажности, что предотвращает их растрескивание увеличивая сроки хранения.

Соотношения между входными и выходными переменными построенной расчетной модели функционирования сушилки высоковлажных семян бахчевых культур могут быть найдены как на основе теоретических, так и экспериментальных исследований.

Целесообразным вариантом для подтверждения результатов математического описания исследуемого процесса является применение предварительного теоретического исследования с последующим уточнением установленных предпосылок на основе экспериментальных исследований [9-10] в несколько этапов:

– в результате теоретических исследований получаем математическую модель процесса сушки семян бахчевых

культур в противотоке, которая опишет с достаточной степенью адекватности режимы процесса сушки, позволит определить теоретические значения температуры, влагосодержания семян и сушильного агента для различных технологических режимов работы предложенной сушилки;

– с учетом конструктивной особенности камеры сушки в результате теоретических исследований получаем основные показатели работы сушилки: производительность, затраты мощности и качество получаемых семян (всхожесть семян, их чистота и посевная способность после сушки);

– в результате однофакторных экспериментов определяем следующие рациональные значения конструктивно-технологических параметров сушилки: подачи семян в камеру сушки, угла наклона газораспределительного решета выгрузного устройства; частоты вращения ворошилок, скорости сушильного агента, предельно допустимой температуры сушильного агента, не снижающей посевных качеств семян, удельной энергоёмкости процесса сушки;

– в результате многофакторных экспериментов получаем математические модели в виде раскодированных уравнений регрессии, адекватно описывающие процесс сушки, а также решить компромиссную оптимизационную задачу;

– экспериментально исследуем влияние дифференцированного режима работы на нагрев семян, а следовательно, их посевных качеств в процессе сушки.

Выводы. В результате обобщения приведенных выше соображений можем сформулировать следующие выводы.

1. Функция взаимосвязи параметров и функционально-параметрическая схема работы сушилки показали, что удельная энергоёмкость и качественные показатели сушки, зависят от конструктивных особенностей камеры сушки и режимов ее работы, подтверждая выдвинутую концепцию.

2. Построение расчетной модели функционирования позволило установить последовательность теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию параметров предложенной сушилки высоковлажных семян бахчевых культур и определить пути повышения эффективности самого технологического процесса сушки.

3. Для подтверждения результатов математического описания исследуемого процесса сушки семян бахчевых культур целесообразным является предварительное теоретическое исследование с последующим уточнением установленных предпосылок на основе экспериментальных исследований.

4. Предложенный дифференцированный режим сушки семян при найденных оптимальных конструктивно-технологических параметрах сушилки, одновременно обеспечивает требуемую влажность и сохранение посевных качеств семян.

Библиография

1. Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ab-centre.ru
2. Solomon O., Taiwo O., Mechanization of melon processing and novel extraction technologies: A short review. *Scientific African*, vol. 9, 2020. 20-21 p.
3. Голубкович А.В. Теория и технология сушки семян овощных и бахчевых культур: монография. М. : Агропромиздат, 1987. 141 с.
4. Голубкович А.В. Уборка и сушка семян овощных и бахчевых культур / Голубкович А.В. М. : Россельхозиздат, 1984. 129 с.
5. Голубкович А.В. Технологические основы сушки высоковлажных семян овощных и бахчевых культур с обеспечением высокого качества: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» Москва, 1989. С. 35.
6. Добрицкий А.А. Классификация способов и устройств сушилок высоко влажных семян бахчевых культур // *Научовий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. Луганськ : ЛНАУ. 2006. № 64/87. С. 100-105.
7. Добрицкий А.А., Вольвак С.Ф. Сушилка семян бахчевых культур // *Сельский механизатор*, 2019. № 12 С. 20-21.
8. Добрицкий А.А. Сушилка семян овощебахчевых культур // *Материалы национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе» посвященной 40-летию Белгородского ГАУ п. Майский : Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ*, 2019. С. 133-139.
9. Alexander Dobrickiy, Dmitriy Bakharev, Alexander Pastukhov, Sergey Volvak. Experimental study of melon crop seed dryer productivity. *Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering, International Scientific Conference Engineering for rural development, proceedings, volume 20*. 2021. Pp 157-162.
10. Добрицкий А.А. Обоснование рациональных параметров сушилки высоко влажных семян бахчевых культур // *Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке», посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. – п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ*, 2018. С. 54-58.
11. Проектирование и исследование технологических процессов животноводческих предприятий : монография / С.Ф. Вольвак, Д.Н. Бахарев, А.А. Добрицкий [и др.]. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. С. 475.
12. Нагірний Ю.П. Аналіз технологічних систем і обґрунтування рішень / Ю.П. Нагірний, І.М. Бендера, С.Ф. Вольвак. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2013. С. 264.
13. Нагірний Ю.П. Аналіз технологічних систем і обґрунтування рішень: практикум / Ю.П. Нагірний, І.М. Бендера, С.Ф. Вольвак, В.П. Грубий, Д.М. Бахарев. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2013. С. 240.
14. Нагірний Ю.П. Многокритериальная оценка и выбор решений / Ю. П. Нагірний. Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1990. №9 С. 9-12.
15. Raquel Pinho, Susana Pinho, Maria João, Study of the convective drying of pumpkin. *Food and Bioproducts Processing*, vol. 89(4), 2011, pp. 422-428.
16. Savo B., Golub M., Joachim M., Ratko O., Milan M., Convective drying of naked seeded oil pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.) in a medium scale batch dryer with different modes of air circulation. *Journal of Medicinal and Spice Plants*, vol. 17(3), 2012, pp. 108-115.
17. Iman G., Moein Z., Reza A., Ali M., Raquel P., Majid D., Investigating shrinkage and moisture diffusivity of melon seed in a microwave assisted thin layer fluidized bed dryer. *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 11(2), 2017, 11 p.
18. Norhashila H., Daniel I., Ezdalina R., A Preliminary Study: Kinetic Model of Drying Process of Pumpkins (*Cucurbita Moschata*) in a Convective Hot Air Dryer. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 2(2), 2014, pp. 345-352.
19. Евсюков В.А., Чекановкин А.А., Фесенко А.В., Тарасов С.П. Совершенствование технологического процесса сушки семян тыквы // *Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет»*. 2019. № 7-2. С. 524-532.
20. Pazyuk V., Petrova Z., Chepeliuk O., Determination of rational modes of pumpkin seeds drying. *Ukrainian Food Journal*, vol. 7(1), 2018, pp. 135-150.
21. Шаповалов В.И., Вольвак С.Ф., Пермигин М.Ф., Евсюков В.А. Многофакторный эксперимент. Методические рекомендации по проведению и обработке результатов. Луганск: ЛГАУ, 1999. 38 с.
22. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / Мельников С.В., Алешкин В.П., Рошин П.М. Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. 168 с.
23. Добрицкий А.А. Определение производительности сушилки высоковлажных семян бахчевых культур // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2020. № 3 (27). С. 43-52.
24. Добрицкий А.А., Вольвак С.Ф. Определение энергоёмкости сушилки высоковлажных семян бахчевых культур // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2020. № 4 (28). С. 45-50.

References

1. E'kspertno-analiticheskij centr agrobiznesa «AB-Centr» [Expert-analytical center of agribusiness «AB-Centr»] [Electronic resource]. - Access mode: www.ab-centre.ru
2. Solomon O., Taiwo O., Mechanization of melon processing and novel extraction technologies: A short review. Scientific African, vol. 9, 2020. 20-21p. (In English).
3. Golubkovich A.V. Teoriya i tekhnologiya sushki semyan ovoshchnykh i bakhchevykh kultur [Theory and technology of drying seeds of vegetable and melon crops] // Moskva: VO Agropromizdat 1987. p. 141.
4. Golubkovich A.V. Uborka i sushka semian ovoshchnykh i bakhchevykh kultur [Cleaning and drying of vegetable and melon crops seeds] // Moskva: Rosselkhozizdat 1984. p. 129.
5. Golubkovich A.V. Tekhnologicheskiye osnovy sushki vysokovlazhnykh semyan ovoshchnykh i bakhchevykh kultur s obespecheniyem vysokogo kachestva [Technological basis for drying high-moisture seeds of vegetable and melon crops with high quality assurance] // avtoref. dis. na soiskaniye uch. stepeni dokt. tekhn. nauk: 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khozyaystva» Moskva. 1989. p. 35.
6. Dobritskiy A.A. Classification of methods and devices of dryers of high-moist seed of water-melon cultures [Classification of methods and devices of dryers of high-moist seed of water-melon cultures] // Naukovij visnik Luganskogo nacionalnogo agramogo universitetu. Seriya: Tehnichni nauki. Lugansk: LNAU, 2006. № 64/87. Pp. 100-105.
7. Dobritskiy A.A., Volvak S.F. Sushilka semyan bakhchevykh kultur [Dryer seeds melons crops] // Selskiy mekhanizator, 2019. № 12 Pp. 20-21.
8. Dobritskiy A.A. Sushilka semyan ovoshchebakhchevykh kultur [Drying of seed of water-melon cultures] // Materialy natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktualnyye problemy razrabotki. ekspluatatsii i tekhnicheskogo servisa mashin v agropromyshlennom komplekse» posvyashchenoy 40-letiyu Belgorodskogo GAU. Mayskiy : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2019. Pp. 132-138.
9. Alexander Dobrickiy, Dmitriy Bakharev, Alexander Pastukhov, Sergey Volvak. Experimental study of melon crop seed dryer productivity. Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering, International Scientific Conference Engineering for rural development, proceedings, volume 20. 2021. Pp 157-162. (In English).
10. Dobritskiy A.A. Obosnovaniye ratsionalnykh parametrov sushilki vysoko vlazhnykh semyan bakhchevykh kultur [Ground of rational parameters of dryer is high moist seed of water-melon cultures] // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktualnyye problemy agroinzhenerii v XXI veke». posvyashchenoy 30-letiyu kafedry tekhnicheskoy mekhaniki konstruirovaniya mashin. Mayskiy : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. P. 54-58.
11. Proektirovanie i issledovanie texnologicheskix processov zhivotnovodcheskix predpriyatij : monografiya [Design and research of technological processes of livestock enterprises : monograph] // Volvak S.F., Bakharev D.N., Dobritskiy A.A. [et al.]. Mayskiy : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2021. P. 475.
12. Nahirnyi U.P. Analiz tekhnolohichnykh system i obruntuvannia rishen [Analysis of technological systems and justification of decisions] // Nahirnyi U.P., Bendera I.M., Volvak S.F. Kam'ianets-Podilskiy : FOP Sysyn O.V., 2013. P. 264. (In Ukraine).
13. Nahirnyi U.P. Analiz tekhnolohichnykh system i obruntuvannia rishen [Analysis of technological systems and justification of decisions] // Nahirnyi U.P., Bendera I.M., Volvak S.F., Hrubyi V.P., Bakharev D.N. Kam'ianets-Podilskiy: FOP Sysyn O.V., 2013. P. 240. (In Ukraine).
14. Nahirnyi U.P. Mnogokriterial'naya ocenka i vy`bor reshenij [Multi-criteria assessment and choice of solutions] // Nahirnyi U.P. Mexanizatsiya i e`lektrifikatsiya sel'skogo hozyaystva., 1990. № 9. Pp. 9-12.
15. Raquel Pinho, Susana Pinho, Maria João, Study of the convective drying of pumpkin. Food and Bioproducts Processing, vol. 89 (4). 2011. Pp. 422-428. (In English).
16. Savo B., Golub M., Joachim M., Ratko O., Milan M., Convective drying of naked seeded oil pumpkin seeds (Cucurbita pepo L.) in a medium scale batch dryer with different modes of air circulation. Journal of Medicinal and Spice Plants, vol. 17(3). 2012. Pp. 108-115. (In English).
17. Iman G., Moein Z., Reza A., Ali M., Raquel P., Majid D., Investigating shrinkage and moisture diffusivity of melon seed in a microwave assisted thin layer fluidized bed dryer. Journal of Food Measurement and Characterization, vol. 11 (2), 2017, p. 11 (In English).
18. Norhashila H., Daniel I., Ezdalina R., A Preliminary Study: Kinetic Model of Drying Process of Pumpkins (Cucurbita Moschata) in a Convective Hot Air Dryer. Agriculture and Agricultural Science Procedia, vol. 2 (2), 2014, pp. 345-352. (In English).
19. Yevsyukov V.A., Chekanovskiy A.A., Fesenko A.V., Tarasov S.P. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa sushki semyan tykvy [Improvement of technological process of drying of pumpkin seeds] // Nauchnyy vestnik gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya Luganskoy Narodnoy Respubliki «Luganskiy natsionalnyy agrarnyy universitet». 2019. № 7-2. S. 524-532.
20. Pazyuk V., Petrova Z., Chepeliuk O., Determination of rational modes of pumpkin seeds drying. Ukrainian Food Journal, vol. 7 (1), 2018, pp. 135-150.
21. Shapovalov V.I., Volvak S.F., Permigin M.F., Evsukov V.A. Mnogofaktornyj ehksperiment. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu i obrabotke rezul'tatov [A multifactorial experiment. Methodological recommendations for conducting and processing the results]. Lugansk : LGAU, 1999. 38 p.
22. Melnikov S.V., Aleshkin V.P., Roshchin P.M. Planirovanie ehksperimenta v issledovaniyakh selskokhozyaystvennykh processov [Planning an experiment in agricultural process research]. L. : Kolos, Leningr. otd-nie, 1980, 168 p.
23. Dobritskiy A.A. Opredelenie proizvoditelnosti sushilki vysokovlazhnykh semian bakhchevykh kultur [Determination of the performance of the dryer for high-moisture seeds of melons crop] // Innovatsii v APK problemy i perspektivy, 2020. № 3 (27) S. 43-52.
24. Dobritskiy A.A., Volvak S.F. Opredelenie ehnergoemkosti sushilki vysokovlazhnykh semyan bakhchevykh kultur [Determining the energy capacity of the dryer high moisture seeds of melons] // Innovatsii v APK problemy i perspektivy, 2020. № 4 (28) S. 45-50.

Сведения об авторах

Добрицкий Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-27-02, e-mail: dobrickiy_aa@bsaa.edu.ru

Information about author

Alexander A. Dobrickiy, candidate of technical sciences, docent of the department of technical service in the agro-industrial complex Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova,1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7 4722 39-27-02 e-mail: dobrickiy_aa@bsaa.edu.ru.

К.В. Казаков, А.С. Колесников, А.Г. Минасян

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СУШКИ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА ВТОРИЧНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Аннотация. В статье представлена технология сушки свекловичного жома с подробным описанием последовательности технологических операций. Наиболее детально представлена конструкция сушильной установки с описанием устройства и принципа действия предложенного конструкторского решения. Применение предложенной конструкции сушилки позволит снизить затраты на процесс сушки свекловичного жома за счет использования в качестве теплоносителя выхлопных газов котельной установки, работающей на газообразном топливе. К преимуществам данной сушилки можно отнести то, что она обеспечивает стабильность процесса сушки с наименьшими энергетическими затратами за счет улучшения контакта продукта сушки с теплоносителем, регулирует время пребывания продукта сушки в сушильной камере, а также дает возможность управлять всем процессом сушки продукта с пульта управления одним оператором. С целью теоретического изучения основ процесса сушки была разработана математическая модель процесса сушки жома. Математическая модель представляет собой взаимосвязь уравнений, выражающих закон Дальтона, материальный баланс для слоя жома, закон теплоотдачи и энергетический баланс. На основании анализа процесса сушки и экспериментальных исследований можно заключить, что кривые изменения температуры и влажности жома по ходу его движения являются непрерывными и дифференцируемыми. Результатами изучения процесса являются выражения, которые могут быть использованы как для исследования температуры и влажности жома на выходе из горячей камеры сушилки при изменении остальных параметров, так и для определения деформации температурного и влажностного полей при нестационарном процессе. Представленные полученные уравнения позволяют проанализировать развитие процесса сушки по высоте слоя и произвести обоснованный выбор параметров установок для сушки жома в конкретных условиях. Используя полученные выражения, можно рассчитать эффективную толщину слоя и организовать рациональный технологический процесс сушки.

Ключевые слова: свекловичный жом, сушка, сушильный агент, сушилка, отработанные газы.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF DRYING BEET PULP WITH A SECONDARY HEAT CARRIER

Abstract. The article presents the technology of drying beet pulp with a detailed description of the sequence of technological operations. The design of the drying plant is presented in most detail, with a description of the device and the principle of operation of the proposed design solution. The use of the proposed design of the dryer will reduce the cost of the process of drying sugar beet pulp due to the use of exhaust gases from a gaseous fuel boiler plant as a coolant. The advantages of this dryer include the fact that it ensures the stability of the drying process with the lowest energy costs by improving the contact of the drying product with the heat carrier, regulates the residence time of the drying product in the drying chamber, and also makes it possible to control the entire drying process of the product from the control panel with one operator. In order to theoretically study the basics of the drying process, a mathematical model of the pulp drying process was developed. The mathematical model is a relationship of equations expressing Dalton's law, the material balance for the pulp layer, the law of heat transfer and energy balance. Based on the analysis of the drying process and experimental studies, it can be concluded that the curves for changing the temperature and moisture content of the pulp in the course of its movement are continuous and differentiable. The results of the study of the process are expressions that can be used both to study the temperature and humidity of the pulp at the outlet of the hot chamber of the dryer when other parameters change, and to determine the deformation of the temperature and humidity fields during a non-stationary process. The presented obtained equations make it possible to analyze the development of the drying process along the height of the layer and to make a reasonable choice of the parameters of installations for drying beet pulp under specific conditions. Using the obtained expressions, it is possible to calculate the effective layer thickness and organize a rational drying process.

Keywords: beet pulp, drying, drying agent, dryer, exhaust gases.

На современном этапе развития науки сушку жома необходимо рассматривать как сложный технологический процесс, при котором свойства жома, определяющие его качество, должны быть не только сохранены, но и улучшены. Выполнить это можно, используя научные основы технологии сушки: от изучения свойств жома как объекта сушки к выбору способов сушки и обоснованию режимов оптимального ведения процесса и только на этой основе к созданию рациональных конструкций сушильных установок.

Анализ существующих технологий сушки жома показал, что наиболее перспективной технологией является технология с использованием вторичных источников энергии, работающих на газообразном топливе. Температура отработанных газов в основании трубы котельной составляет 170...200°C. Учитывая, что работа сахарных заводов совпадает с началом отопительного сезона (15 октября) целесообразно использовать выхлопные газы котельной для сушки жома и поздних сельскохозяйственных культур (кукурузы, подсолнечника, просо, гречка, соя).

Важным моментом в этой технологии является то, что производительность вентилятора для нагнетания теплоносителя в сушильную установку должна быть меньше произ-

водительности дымососа котельной, чтобы не вызвать хлопок в системе работы котельной.

На эффективность сушки жома влияет не только стоимость теплоносителя, но и конструкция сушильной установки. Поэтому выбор типа теплоносителя и конструкции сушильной установки является важным моментом в организации процесса сушки свекловичного жома.

Анализ конструкций сушильных установок показал, что наиболее перспективным являются сушильные установки в виде каскадных перфорированных транспортеров, количество последних оказывает существенное влияние на производительность и экономичность технологии сушки жома.

С целью снижения энергозатрат на сушку жома нами разработана принципиально новая энергосберегающая безотходная технологическая схема сушки жома с новой конструкцией сушилки и использованием в качестве теплоносителя отработанных газов котельных, работающих на газообразном топливе [1, 2].

Технологическая схема сушки жома состоит из последовательно соединенных технологических частей (рисунок 1). Процесс сушки жома в представленной технологической схеме осуществляется в два этапа. Предварительное

обезвоживание жома до влажности 40...55% и последующая сушка в каскадной сушилке до влажности 12...14%.

В сушилке 6 жом движется в противотоке с теплоносителем. Для последовательного поступления теплоносителя на перфорированные каскадные транспортеры, в сушилке 6 выполнены перегородки. Теплоноситель нагнетают вентилятором 7 из основания трубы котельной 8. В качестве теплоносителя используют отработанные газы котельной, работающей на газообразном топливе. Отработанные газы котельной имеют температуру 170...200°C и по трубопроводу 9 подаются в сушилку 6. Прохождение отработанных газов снизу вверх через сушилку обеспечивает высушивание материала. Выход отработанных газов происходит через входное отверстие для загрузки свекловичного жома. Высушенный жом захватывается воздушным потоком и по трубопроводу 10 направляется в циклон 11.

При отсутствии сушильного оборудования и теплоносителя отжатый свекловичный жом подвергают силосованию. Для этого задвижкой 12 направляют поток отжатой массы в загрузочный транспортер 13 и далее в транспортное средство 14 для доставки в наземную бетонную траншею 15.

Отжатую жидкость направляют в емкости для коагуляции 4, где при добавлении 1% раствора концентрата низкомолекулярных органических кислот происходит процесс коагуляции в течение трех суток и выпадает белковый осадок. Выпавший белковый осадок направляют в сушилку 6, в результате чего получают растительно-белковый витаминный концентрат. Осветленную жидкость сливают в емкость 17 и используют как добавку в рацион животных или направляют на производство кормовых дрожжей. Необходимо заметить, что в отжатой жидкости содержится 98...99% воды и 1...2% сухого вещества. В сухом веществе около 30% протеина. Установку для сушки и переработки жома располагают вблизи трубы котельной с целью снижения теплотерь. Такая схема снижает энергозатраты на сушку и переработку жома на 90...95% и позволяет осуществить безотходность производства.

Поэтому задача исследования энергосберегающей безотходной технологии сушки свекловичного жома является актуальной.

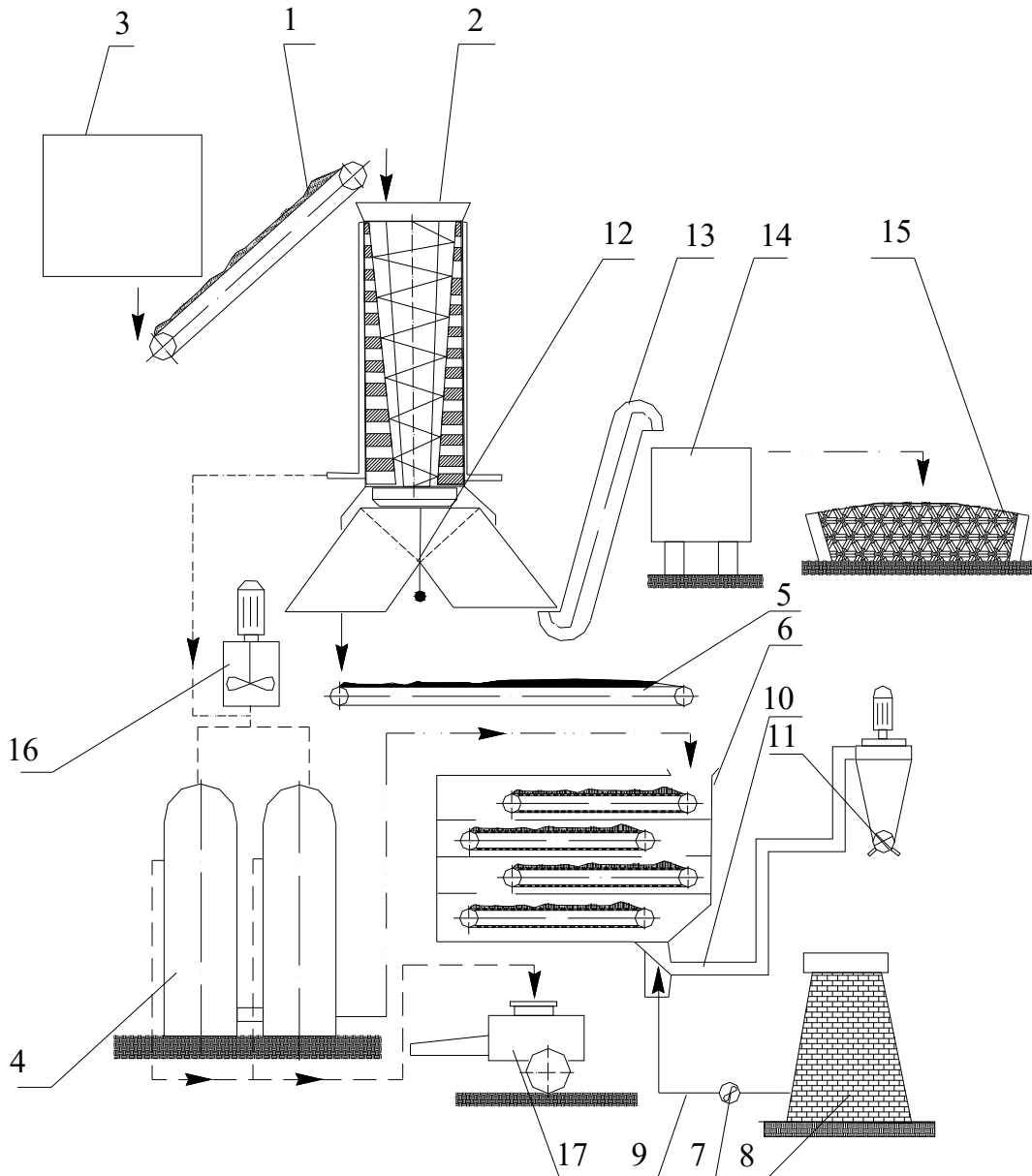


Рис. 1 – Технологическая схема энергосберегающей безотходной технологии сушки свекловичного жома

Анализ конструкций сушилок показал, что наиболее перспективными являются конвейерные ленточные сушилки. Как свидетельствует анализ конструктивных особенностей сушилок к недостаткам следует отнести: нестабильность процесса сушки; высокую энергоёмкость процесса сушки; беспорядочный разброс массы зонах перекантровки материала.

Нами разработана конструкция сушильной установки (рисунок 2) в качестве теплоносителя, в которой используются отработанные газы котельных, работающих на газо-

образном топливе [3, 4]. Установка содержит сушильную камеру 1, внутри расположены один над другим пять конвейеров 2. Нечётные уровни конвейеров смещены по длине относительно чётных в сторону раскладчика 3, установленного над загрузочным окном 4 сушильной камеры 1. Конвейеры оборудованы ведущим барабаном 5 и ведомым барабаном 6, на которые натянута бесконечная сетчатая проволочная лента 7 из нержавеющей стали. Между конвейерами 2 под холостой ветвью 8 жестко с камерой закреплены горизонтальные перегородки 9.

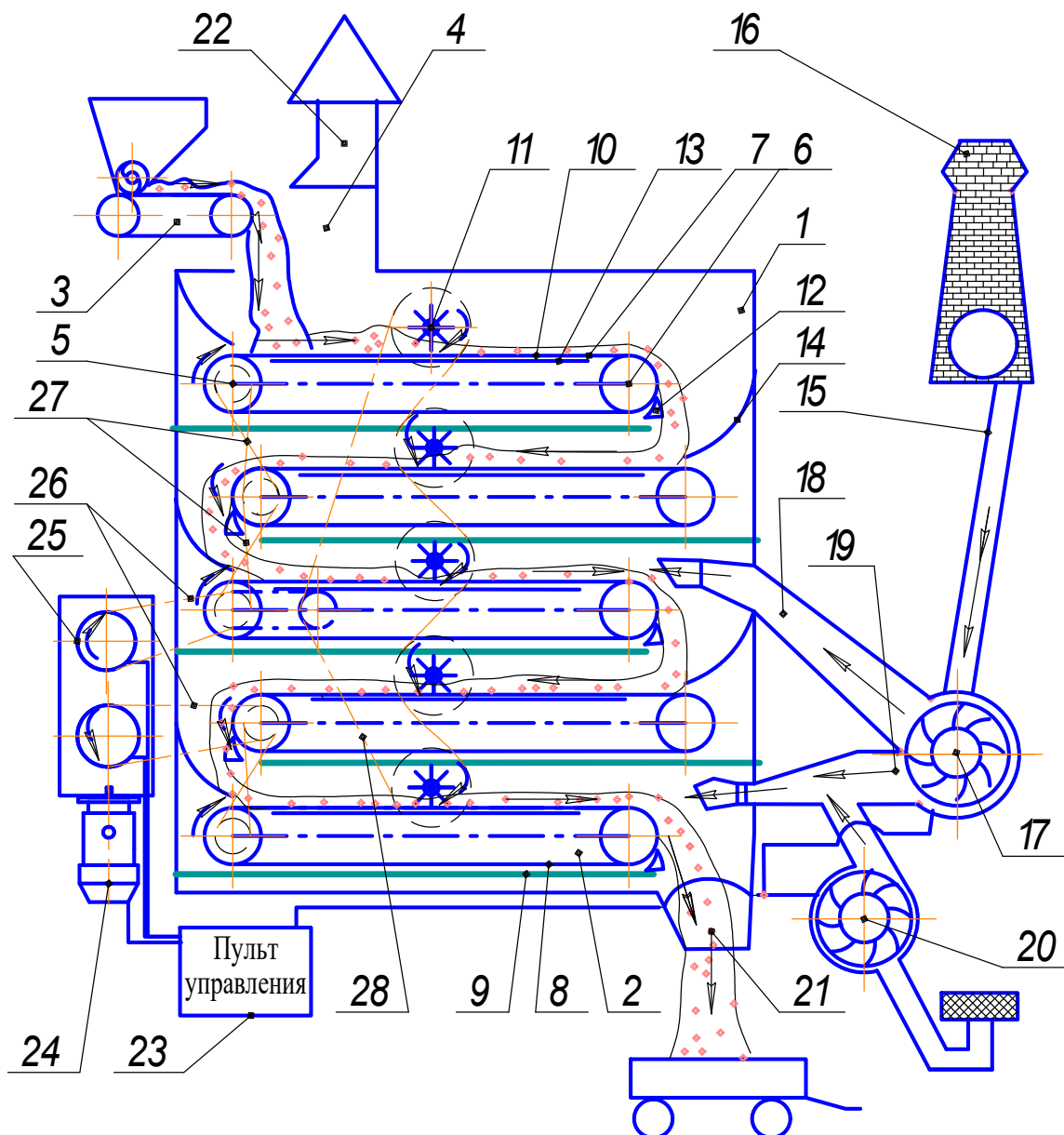


Рис. 2 – Технологическая схема сушилки свекловичного жома

лабиринт для движения теплоносителя образован перегородками 9, они же и предназначены для поддержания холостой ветви 8. Над рабочей ветвью 10 конвейера 2 на середине длины, на всю ширину ленты 7 установлены разравниватели-рыхлители 11. Для поддержания рабочей ветви 10 конвейера 2 установлены деревянные полозья 13. На выходе конвейеров 2 установлены упругие чистики 12 для очистки ленты 7 от продукта сушки. В зоне перекантровки непосредственно над концами лент 7 установлены экранирующие, выполненные в форме ковша щитки 14 для исключения рассыпания продукта сушки при перекантровке с верхнего уровня конвейеров 2 на нижний, выполненные из синтетического материала. Система подвода теплоноси-

теля к продукту сушки оснащена трубой 15 забора отработанных газов из трубы котельной установки 16 и вентилятор 17 для подачи теплоносителя в магистраль 18 и 19. Вентилятор 20 для подачи холодного воздуха в магистраль 19 выполнен с возможностью регулирования температуры теплоносителя в ней. Магистраль 18 подведена к сушильной камере 1 и установлена с возможностью подвода теплоносителя на выход третьего конвейера 2. Магистраль 19 подведена к сушильной камере 1 и установлена в зоне выгрузного окна 21 на выход пятого конвейера 2. Вытяжной зонт 22 установлен на камере 1 над загрузочным окном 4 для отвода теплоносителя и влаги с сушильной камеры 1.

На камере 1 установлен пульт управления 23, приводной механизм, состоящий из электродвигателя 24, редуктора 25, вариаторов 26, клиноременных передач 27 и цепных передач 28.

Конструкция и принцип работы предлагаемой сушилки будут понятны из следующего описания и прилагаемого чертежа.

При включении установки с пульта управления 23 раскладчик 3 равномерно распределяет продукт сушки по всей ширине верхней рабочей ветви 7 непрерывной ленты 8 верхнего конвейера 2. Вентилятор 17 подает теплоноситель по трубе 15 от выхлопной трубы котельной установки 16 (работающей на природном газе) в сушильную камеру 1 в противоход движению высушиваемого материала по магистралям 18 и 19. В зависимости от влажности высушиваемого материала в магистраль 18 вентилятор 20 нагнетает еще и холодный воздух из окружающей среды.

Приводной механизм обеспечивает движение рабочих ветвей 10 соседних уровней конвейеров 2 в разных направлениях и позволяет регулировать скорость движения рабочей ветви 10 группы верхних трех конвейеров 2 и группы нижних двух конвейеров 2 с пульта управления 23.

Рабочая ветвь 10 конвейера 2 перемещает высушиваемый материал, разравниватели-рыхлители 11 перемешива-

ют его, предотвращая слипание и обеспечивая лучший контакт с теплоносителем.

После прохода продукта сушки до конца уровня верхней рабочей ветви 10 упругие чистики 12 счищают его с сетчатой ленты 7 конвейера 2 и пересыпают на уровень нижней рабочей ветви 10. Экранирующие щетки 14 улавливают продукт сушки при перекантровке и направляют на ленту 7 нижнего конвейера 2. Смещение нечетных конвейеров 2 в сторону от раскладчика 3 по длине на одинаковую величину обеспечивает точное попадание продукта при перекантровке с верхнего на нижние уровни конвейера 2. Продукт сушки после прохода всех пяти уровней конвейеров высыпает в тару через выгрузное окно 21.

На наш взгляд все это позволит снизить затраты на процесс сушки материала за счет использования в качестве теплоносителя выхлопных газов котельной установки, работающей на газообразном топливе, обеспечить стабильность процесса сушки с наименьшими энергетическими затратами за счет улучшения контакта продукта сушки с теплоносителем и регулирования пребывания продукта сушки в сушильной камере, управлять всем процессом сушки продукта с пульта управления одним оператором.

Математическая модель процесса сушки жома заключается в следующем. Для слоя dx движения жома запишем систему уравнений

$$\frac{\partial W}{\partial t} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{\partial W}{\partial x} = -\beta \cdot m \cdot \frac{76}{\gamma_{жс} \cdot g \cdot b} \cdot (P_n - P_n), \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{\partial W}{\partial x} = -\frac{\gamma_{са} \cdot \delta}{10 \cdot \gamma_{жс}} \cdot \left(\frac{\partial D}{\partial t} + 3600 \cdot V_{са} \cdot \frac{\partial D}{\partial x} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial t_{са}}{\partial t} + 3600 \cdot V_{са} \cdot \frac{\partial t_{са}}{\partial x} = -\alpha_g \cdot \frac{\gamma_{жс}}{\gamma_{са} \cdot \delta \cdot c_{са}} \cdot (t_{са} - t_{жс}); \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial t_{жс}}{\partial t} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{\partial t_{жс}}{\partial x} = \\ & = -\frac{\gamma_{жс} \cdot c_{жс}}{\gamma_{са} \cdot \delta \cdot c_{са}} \cdot \left(\frac{\partial t_{жс}}{\partial t} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{\partial t_{жс}}{\partial x} \right) + \frac{\gamma_{жс} \cdot r'}{100 \cdot \gamma_{са} \cdot \delta \cdot c_{са}} \cdot \left(\frac{\partial W}{\partial t} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{\partial W}{\partial x} \right). \end{aligned} \quad (4)$$

где W – влажность жома, %; $t_{жс}$ – температура жома, °C; $c_{жс}$ – удельная теплоемкость жома, ккал/(кг·°C); $V_{жс}$ – скорость движения жома, м/с; $t_{са}$ – температура сушильного агента, °C; $c_{са}$ – удельная теплоемкость сушильного агента, ккал/(кг·°C); $V_{са}$ – скорость движения сушильного агента, м/с; D – влагосодержание, г/кг; b – барометрическое давление, мм рт. ст.; $\gamma_{са}$ – удельный вес (плотность) сушильного агента, кг/м³; β – коэффициент испарения воды со свободной поверхности, г/(м² ч); m – доля геометрической наружной поверхности жома, с которой происходит испарение влаги по закону Дальтона; α_g – коэффициент теплообмена, ккал/(кг·ч·°C); t – время, ч; $\gamma_{жс}$ – плотность жома, кг/м³; δ – коэффициент скважности жомовой массы; g – отношение объема жомовой массы к наружной поверхности жома, заключенной в нем, м; P_n – давление насыщенного пара, мм рт. ст.; P_n – парциальное давление пара в сушильном агенте, мм, рт. ст.; r' – скрытая теплота парообразования, кДж/кг.

Уравнения (1) и (2) выражают соответственно закон Дальтона и материальный баланс для слоя dx , а (3) и (4) – закон теплоотдачи и энергетический баланс. В уравнении (3) коэффициент теплообмена α_g соотнесен к 1кг жома.

Решая систему уравнений (1) - (4), сделаем ряд допущений.

Поскольку эффективность прямого потока и противотока практически одинакова при слабом изменении температуры одного из потоков (жома) по сравнению с изменением температуры другого (сушильного агента).

Учитывая небольшие колебания в процессе сушки величин $\gamma_{жс}$, $\gamma_{са}$, $c_{жс}$, $c_{са}$, g , δ , b , $V_{са}$, r' , α_g , β , m берем их средние значения. Скорость движения жома, которая не является функцией координаты x , изменяется во времени и служит управляющим параметром [5]. Однако в силу постоянства отмеченных выше величин система уравнений будет линейной и процесс условно можно считать с $V_{жс} = const$, но с переменным числом секций. При этом не должно меняться действительное время контакта жома с сушильным агентом, т.е. надо принять длину всех транспортеров $l = \frac{3600 \cdot V_{жс} \cdot G_{жс}}{G_{жс}}$, где $G_{жс}$ – жомовый объем горячей камеры, кг; $G_{жс}$ – производительность установки, кг/ч.

С учетом этих допущений проведем преобразование Лапласа по переменной t системы (1) - (4) при нулевых

начальных условиях, так как возможность такой операции основана на линейности системы [6]

$$p\bar{W} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{d\bar{W}}{dx} = -\beta m \cdot \frac{76}{\gamma_{жс} \cdot \mathcal{G} \cdot b} \cdot (\bar{P}_n - \bar{P}_n), \quad (1^*)$$

$$p\bar{W} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{d\bar{W}}{dx} = -\frac{\gamma_{ca} \cdot \delta}{10 \cdot \gamma_{жс}} \left(p\bar{D} + 3600 \cdot V_{ca} \cdot \frac{d\bar{D}}{dx} \right), \quad (2^*)$$

$$pt_{ca} + 3600 \cdot V_{ca} \cdot \frac{d\bar{t}_{ca}}{dx} = -\alpha_g \cdot \frac{\gamma_{жс}}{\gamma_{ca} \cdot \delta \cdot c_{ca}} \cdot (\bar{t}_{ca} - \bar{t}_{жс}), \quad (3^*)$$

$$pt_{ca} + 3600 \cdot V_{ca} \cdot \frac{d\bar{t}_{ca}}{dx} = -\frac{\gamma_{жс} \cdot c_{жс}}{\gamma_{ca} \cdot \delta \cdot c_{ca}} \cdot \left(p\bar{t}_{жс} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{d\bar{t}}{dx} \right) + \frac{\gamma_{жс} \cdot r'}{100 \cdot \gamma_{ca} \cdot \delta \cdot c_{ca}} \cdot \left(p\bar{W} + 3600 \cdot V_{жс} \cdot \frac{d\bar{W}}{dx} \right), \quad (4^*)$$

где \bar{W} , $\bar{t}_{жс}$, \bar{t}_{ca} , \bar{P}_n , \bar{P}_n , \bar{D} – изображение величин по Лапласу; p – оператор Лапласа.

Сначала проинтегрируем систему дифференциальных уравнений (1*) - (4*) в пределах одного транспортера от $x = (n-1) \cdot l$ до $x = n \cdot l$ (l – длина одного транспортера, м) при краевых условиях

$$\bar{D} = \bar{D}_{n-1}, \quad \bar{t}_{ca} = \bar{t}_{ca_{n-1}}, \quad \bar{t}_{жс} = \bar{t}_{жс_{n-1}}, \\ \bar{W} = \bar{W}_{n-1} \text{ при } x = (n-1) \cdot l.$$

Длина транспортеров невелика, температура жома в пределах одной секции изменяется незначительно. Поэтому при вычислении параметров, зависящих от $t_{жс}$ можно пренебречь их изменением, т.е. считать $t_{жс}$ в уравнениях (1*) - (3*) при интегрировании системы в пределах одной секции постоянной величины – $t_{жс}^{cp}$.

Из формулы (1*) - (3*) получаем

$$\bar{D} = \left(\bar{D}_{n-1} - \frac{A}{\frac{p}{3600} + A} \cdot \bar{P}_{n_n}^{cp} \right) \cdot e^{-\left(A + \frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} \right) \cdot x} + \frac{A}{\frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} + A} \cdot \bar{P}_{n_n}^{cp}, \quad (5)$$

$$\bar{t}_{ca} = \left(\bar{t}_{ca_{n-1}} - \frac{K}{\frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} + K} \cdot \bar{t}_{жс_n}^{cp} \right) \cdot e^{-\left(K + \frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} \right) \cdot x} + \frac{K}{\frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} + K} \cdot \bar{t}_{жс_n}^{cp}, \quad (6)$$

где $A = \beta m \frac{760 \cdot 1,137}{3600 \cdot V_{ca} \cdot \gamma_{ca} \cdot \mathcal{G} \cdot b \cdot \delta}$;

$$K = \alpha_g \frac{\gamma_{жс}}{3600 \cdot V_{ca} \cdot \gamma_{ca} \cdot c_{ca} \cdot \delta}.$$

Если допустить, за время прохождения сушильного агента одной секции температура $\bar{t}_{жс_n}^{cp}$ (а следовательно, и $\bar{P}_{n_n}^{cp}$) изменяется незначительно, то

$$\frac{A}{\frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} + A} \cdot \bar{P}_{n_n}^{cp} = \frac{1}{1,137} \cdot \bar{P}_{n_n}^{cp}, \\ \frac{K}{\frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} + K} \cdot \bar{t}_{жс_n}^{cp} = \bar{t}_{жс_n}^{cp},$$

и

$$\bar{D} = \bar{D}_{n-1} \cdot e^{-\left(A + \frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} \right) \cdot x} + \frac{1}{1,137} \left(1 - e^{-\left(A + \frac{p}{3600 \cdot V_{ca}} \right) \cdot x} \right) \cdot \bar{P}_{n_n}^{cp}, \quad (5^*)$$

$$\bar{t}_{ca} = \bar{t}_{ca_{n-1}} \cdot e^{-\left(K + \frac{p}{3600 \cdot V_{жс}}\right) \cdot x} + \left(1 - e^{-\left(K + \frac{p}{3600 \cdot V_{жс}}\right) \cdot x}\right) \cdot \bar{t}_{жс_n}^{cp}. \quad (6^*)$$

Решая совместно уравнения (1*), (4*), (5*) и (6*), находим при $x = l$ изображение по Лапласу влажности

\bar{W}_n и температуры $\bar{t}_{жс_n}$ на выходе и n -й секции. После преобразований учитывая, что $V_{жс} \ll V_{ca}$ получаем

$$\begin{aligned} \frac{\bar{W}_n - \bar{W}_{n-1} \cdot e^{-\tau_c p}}{\tau_c} &= 1,137 \cdot g_1 \cdot W_1(p) \cdot \bar{D}_{n-1} + a \cdot g_1 \cdot W_1(p) \cdot \bar{t}_{жс_n}^{cp} - g_1 \cdot \frac{c}{p} \cdot W_1(p), \quad (7) \\ \frac{\bar{t}_{жс_n} - \bar{t}_{жс_{n-1}} \cdot e^{-\tau_c p}}{\tau_c} &= -1,137 \cdot g_3 \cdot W_1(p) \cdot \bar{D}_{n-1} - g_4 \cdot W_2(p) \cdot \bar{t}_{ca_{n-1}} - g_3 \cdot \frac{c}{p} \cdot W_1(p) + \\ &+ \left[a \cdot g_3 \cdot W_1(p) + g_4 \cdot W_2(p) - g_2 (1 - e^{-\tau_c p}) \right] \bar{t}_{жс_n}^{cp}, \quad (8) \end{aligned}$$

где выражения

$$\begin{aligned} \tau_c &= \frac{l}{3600 \cdot V_{жс}}; \\ g_1 &= \frac{3600 \cdot V_{ca} \cdot \gamma_{ca} \cdot \delta}{10 \cdot 1,137 \cdot \gamma_{жс} \cdot l}; \\ g_2 &= \frac{3600 \cdot V_{жс} \cdot \gamma_{ca} \cdot \delta \cdot c_{ca}}{\gamma_{жс} \cdot c_{жс} \cdot l}; \\ g_3 &= \frac{3600 \cdot V_{ca} \cdot r' \cdot \gamma_{ca} \cdot \delta}{1,137 \cdot 1000 \gamma_{жс} \cdot c_{жс} \cdot l}; \\ g_4 &= \frac{3600 \cdot V_{ca} \cdot \gamma_{ca} \cdot \delta \cdot c_{ca}}{\gamma_{жс} \cdot c_{жс} \cdot l}; \\ W_1(p) &= \frac{e^{-\tau_c \cdot p} - e^{-A_l}}{\frac{\tau_c}{A \cdot l} \cdot p - 1}; \\ W_2(p) &= \frac{e^{-\tau_c \cdot p} - e^{-K_l}}{\frac{\tau_c}{K \cdot l} \cdot p - 1}. \end{aligned}$$

Ограничиваясь рассмотрением одноступенчатого процесса сушки, можно считать параметры \bar{D}_{n-1} и $\bar{t}_{ca_{n-1}}$ независимыми от n . Обозначим их \bar{D}_0 и \bar{t}_{ca_0} . Остальные множители слагаемых в правых частях выражений (7) и (8) – постоянные величины (кроме $\bar{t}_{жс_n}^{cp}$)

Следовательно,

$$\begin{aligned} \frac{\bar{W}_n - \bar{W}_{n-1} \cdot e^{-\tau_c p}}{\tau_c} &= F_1(\bar{t}_{жс_n}^{cp}), \\ \frac{\bar{t}_{жс_n} - \bar{t}_{жс_{n-1}} \cdot e^{-\tau_c p}}{\tau_c} &= F_2(\bar{t}_{жс_n}^{cp}). \end{aligned}$$

На основании анализа процесса сушки и экспериментальных исследований можно заключить, что кривые изменения температуры и влажности жома по ходу его движения являются непрерывными и дифференцируемыми. Поэтому к ним применима теорема Лагранжа о конечном приращении, согласно которой

$$\begin{aligned} F_1(\bar{t}_{жс_n}^{cp}) &= \frac{\bar{W}_n - \bar{W}_{n-1} \cdot e^{-\tau_c p}}{\tau_c} = \left| p \cdot \bar{W} + 3600 \cdot V_{жс} \frac{d\bar{W}}{dx} \right|_{x = \varepsilon_n} \text{ и} \\ F_2(\bar{t}_{жс_n}^{cp}) &= \frac{\bar{t}_{жс_n} - \bar{t}_{жс_{n-1}} \cdot e^{-\tau_c p}}{\tau_c} = \left| p \bar{t}_{жс} + 3600 V_{жс} \cdot \frac{d\bar{t}_{жс}}{dx} \right|_{x = \varepsilon_n}; \quad [(n-1) \cdot l < \varepsilon_n < n \cdot l]. \end{aligned}$$

Приведенные равенства относятся к точкам $x = \varepsilon_n$. В них $\bar{t}_{жс} = \bar{t}_{жс_n}^{cp}$. Считая $\bar{t}_{жс_n}^{cp}$ текущей переменной, получим дифференциальное уравнение для всей горячей камеры:

$$\begin{aligned} p \bar{W} + 3600 \cdot V_{жс} \frac{d\bar{W}}{dx} &= -1,137 \cdot g_1 \cdot W_1(p) \cdot \bar{D}_0 + a \cdot g_1 \cdot W_1(p) \cdot \bar{t}_{жс} - g_1 \frac{c}{p} \cdot W_1(p), \\ p \bar{t}_{жс} + 3600 \cdot V_{жс} \frac{d\bar{t}_{жс}}{dx} &= -1,137 \cdot g_3 \cdot W_1(p) \cdot \bar{D}_0 - g_4 \cdot W_2(p) \cdot \bar{t}_{ca_0} - \\ &- g_3 \frac{c}{p} \cdot W_1(p) + \left[a \cdot g_3 \cdot W_1(p) + g_4 \cdot W_2(p) - g_2 (1 - e^{-\tau_c p}) \right] \cdot \bar{t}_{жс}; \end{aligned}$$

которые, по меньшей мере, в одной точке каждой секции выполняются точно. Решение их (краевые условия: $\bar{W} - \bar{W}_0$, $t_{жс} - t_{жс0}$ при $x = 0$) для $x = l$ дает

$$\bar{t}_{жс} = W_3(p) \cdot \bar{t}_{жс0} + W_4(p) \cdot \bar{t}_{ca0} + W_5(p) \cdot \left(1.137 \cdot \bar{D}_0 + \frac{c}{p} \right), \quad (9)$$

$$\bar{W} = \bar{W}_0 \cdot \exp\left(\frac{G_{жс}}{G_{жс}} \cdot p\right) + W_6(p) \cdot \bar{t}_{ca0} + W_7(p) \cdot \left(1.137 \cdot \bar{D}_0 + \frac{c}{p} \right) + W_8(p) \cdot \bar{t}_{жс0}, \quad (10)$$

где

$$\begin{aligned} W_3(p) &= \exp\left\{-\frac{G_{жс}}{G_{жс}} \cdot [p - W_9(p)]\right\}; \\ W_9(p) &= a \cdot g_3 \cdot W_1(p) + g_4 \cdot W_2(p) - g_2(1 - e^{-\tau \cdot c \cdot p}); \\ W_4(p) &= \frac{g_4 \cdot W_2(p) \cdot [W_3(p) - 1]}{p - W_9(p)}; \\ W_5(p) &= \frac{g_3 \cdot W_1(p) \cdot [W_3(p) - 1]}{p - W_9(p)}; \\ W_6(p) &= g_6 \cdot W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot \frac{1}{p - W_9(p)} \cdot \left\{ \frac{W_3(p) - \exp\left(\frac{G_{жс}}{G_{жс}} \cdot p\right)}{W_9(p)} - \frac{1}{p} \left[1 - \exp\left(\frac{G_{жс}}{G_{жс}} \cdot p\right) \right] \right\}; \\ W_7(p) &= g_5 [W_1(p)]^2 \cdot \frac{1}{p - W_9(p)} \cdot \left\{ \frac{W_2(p) - \exp\left(-\frac{G_{жс}}{G_{жс}} \cdot p\right)}{W_9(p)} - \frac{1}{p} \left[1 - \exp\left(-\frac{G_{жс}}{G_{жс}} \cdot p\right) \right] \right\} - g_1 \cdot \frac{W_1(p)}{p} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{G_{жс}}{G_{жс}} \cdot p\right) \right]; \\ W_8(p) &= a \cdot g_1 \cdot W_1(p) \cdot \frac{W_3(p) - \exp\left(-\frac{G_{жс}}{G_{жс}} \cdot p\right)}{W_9(p)}; \\ g_5 &= a \cdot \frac{r'}{10 \cdot 1000 \cdot c_{жс}} \cdot \left(\frac{3600 \cdot V_{ca} \cdot \gamma_{ca} \cdot \delta}{1,137 \cdot \gamma_{жс} \cdot l} \right)^2; \\ g_6 &= a \cdot \frac{\gamma_{ca} \cdot c_{ca}}{10 \cdot 1,137 \cdot c_{жс}} \cdot \left(\frac{3600 \cdot V_{ca} \cdot \delta}{\gamma_{жс} \cdot l} \right)^2. \end{aligned}$$

Уравнения (9) и (10) – линейные с переменными коэффициентами. По аналогии с линейными системами будем называть $W_i(p)$ передаточными функциями, имея в виду, что они зависят от $G_{жс}$. Поскольку для анализа предполагается использовать аналоговые машины, необходимость в обратном преобразовании (9) и (10) отпадает. Но так как они содержат трансцендентные передаточные функции, требуется найти переменные для анализа и достаточно точные их приближения.

Свойства переходных характеристик при ступенчатом возмущении анализируемого процесса является общим для широкого класса процессов тепло- и массообмена. Хорошие результаты достигаются приближением их передаточных функций дробями Падэ с использованием интегральных оценок кривой переходного процесса – обобщенных инерционностей.

Передаточные функции подобных процессов разлагаются в ряд Маклорена

$$W_i(p) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot S_{in} \cdot p^n, \quad (11)$$

где S_{in} – обобщенные инерционности процесса, определяемые выражением,

$$S_{in} = (-1)^n \cdot \frac{1}{n!} \cdot \lim_{p \rightarrow 0} \frac{d^n}{dp^n} \cdot W_i(p). \quad (12)$$

Построенные дроби Падэ заключаются в обобщении частичной суммы ряда (11) в дробно – рациональную функцию

$$W_{i(\mu, \nu)}(p) = \frac{P_{i(\mu, \nu)}(p)}{Q_{i(\mu, \nu)}(p)}. \quad (13)$$

Знаменатель и числитель функции – многочлены степени не выше соответственно μ и ν , для которой выполняется $\mu + \nu + 1$ равенств

$$W_{i(\mu,\nu)}^{(k)}(0) = W_i^{(k)}(0), \text{ где } k = 0, 1, \dots, \mu + \nu [7].$$

Это соответствует аппроксимации переходной характеристики интегральной кривой некоторого дифференциального уравнения. Опыт аппроксимации переходных характеристик реальных инерционных объектов и экспериментальные исследования сушильных установок позволяют применять $\mu = 2, \nu = 0$. Тогда передаточные функции принимают вид

$$W_{i(2;0)}(p) = \frac{S_{i_0}}{\left[\left(\frac{S_{i_1}}{S_{i_0}} \right)^2 - \frac{S_{i_2}}{S_{i_0}} \right] \cdot p^2 + \frac{S_{i_1}}{S_{i_0}} \cdot p + 1}. \quad (14)$$

Так как передаточные функции зависят от $G_{жс}$, определяя S_{in} проходим весь интервал значений $G_{жс}$ и получаем $S_{in}(G_{жс})$.

При интегрировании исходной системы сделано допущение о постоянстве βm . В действительности βm является функцией влагосъема [8]. При автоматическом регулировании выходной влажности жома, когда W изменяется незначительно βm можно считать функцией только начальной влажности жома. Если же поддерживать оптимальный режим сушки, по каждому значению начальной влажности жома соответствует определенная производительность установки. Поэтому при вычислении $S_{in}(G_{жс})$ по формуле (12) в интервале $[G_{жс.min}, G_{жс.max}]$ конкретные значения βm принимаем соответственно $G_{жс}$.

Вопросу сушки жома мало уделено внимания исследователями. Много работ посвящены проблемам сушки сена вентилированием [9-11], однако в них отсутствуют аналитические зависимости, позволяющие проанализировать развитие процесса в зависимости от режима сушки и свойств высушиваемого материала. Все это затрудняет выбор параметров установок для сушки жома в различных сушильных установках.

Рассмотрение процесса сушки слоя на основе уравнений теплообмена и теплового баланса позволяет проследить за его развитием в зависимости от указанных выше факторов.

Уравнение теплообмена для элементарного объема слоя может быть представлено в виде

$$q_B c_B \frac{\partial t_B}{\partial h} = -\alpha_V (t_B - t_{II}), \quad (15)$$

где q_B – удельная подача воздуха, $m^3/(m^2 \cdot ч)$; c_B – объемная теплоемкость воздуха, $ккал/(m^3 \cdot ^\circ C)$; h – высота слоя, м; α_V – объемный коэффициент теплообмена, $ккал/(m^3 \cdot ч \cdot ^\circ C)$; t_B – температура подаваемого воздуха, $^\circ C$; и t_{II} – температура поверхности материала, $^\circ C$.

Уравнение теплового баланса для воздуха, проходящего через элементарный объем слоя, имеет вид:

$$q_B c_B \frac{\partial t_B}{\partial h} = r \rho_C \frac{\partial W}{\partial \tau}, \quad (16)$$

где r – количество тепла, расходуемого на испарение 1 кг влаги, ккал; ρ_C – объемная масса высушенного материала, $кг/м^3$; W – влажность растительной массы в пересчете на абсолютно сухое вещество, доли единицы; τ – время, ч.

Для решения уравнений (15) и (16), устанавливающих тепловой баланс и теплообмен в слое, необходимо знать изменение температуры материала во времени.

Известно, что только в период постоянной скорости сушки температура поверхности материала близка к температуре мокрого термометра. В этом случае, по существу, происходит испарение из тонкого слоя жидкости, который покрывает практически всю поверхность влажного материала и питается влагой за счет поступления ее из внутренних слоев. Поэтому интенсивность испарения в этом периоде не зависит от влажности материала, а температура поверхности практически равна температуре мокрого термометра.

После достижения той степени влажности, которую определяют как критическую, скорость сушки начинает снижаться. Соответствующая точка на кривой скорости сушки определяет тот момент, когда питание поверхности материала влагой из внутренних слоев становится недостаточным для поддержания сплошной водяной пленки. С этого момента и до установления равновесной влажности жома температура поверхности возрастает. Неоднородное строение элементов слоя усложняет даже экспериментальный учет температуры поверхности растительной массы при сушке ее в слое.

Поэтому в дальнейшем для учета процессов, происходящих внутри материала, нами принят метод, предложенный профессором Г.К. Филоненко. Суть этого метода заключается в том, что отношение скорости сушки в любой заданный момент времени к скорости сушки в периоде постоянной скорости сушки, рассматривается как критерий кинетического подобия процесса. Большое количество опытных данных, обработанных автором, показало, что градиент скорости сушки не зависит от ее режима, а зависит лишь от влажности, размера и вида материала.

Для некоторых материалов зависимость градиента скорости сушки имеет вид:

$$\Psi = \frac{S}{S_O} = \frac{(W - W_p)^n}{A + B(W - W_p)^n}, \quad (17)$$

где Ψ – градиент скорости сушки; S_O – скорость сушки материала в период постоянной скорости сушки; и S – скорость сушки материала в любой заданный момент сушки, $ч^{-1}$; W_p – равновесная влажность материала в долях единицы в пересчете на абсолютно сухое вещество; A, B и n – постоянные, определяемые из опыта.

Согласно теории Г.К. Филоненко, коэффициент n характеризует форму связи влаги с материалом и не зависит от размеров и формы материала. Коэффициенты A и B зависят от размеров материала.

Таким образом, принятый метод позволяет учесть изменение температуры поверхности в зависимости от влажности жомовой массы.

В дальнейшем примем следующие допущения:

- 1) жом, содержит влагу при постоянной скорости сушки, принимает температуру мокрого термометра;
- 2) сушка и характер процесса сушки элементарного слоя не зависит от положения его в слое;
- 3) скорость, температура и относительная влажность воздуха по высоте высушенного слоя изменяются незначительно и их изменение существенно не влияет на ход сушки последующих слоев;

4) процесс сушки адиабатический, т.е. тепло не принимается извне и не теряется в окружающую среду.

Рассматривая сушку как тепловой процесс и исходя из условия, что тепло, воспринимаемое поверхностью влажного материала, расходуется на испарение влаги, получим

$$S_o = \frac{\alpha_V (t_B - t_M)}{r_o}, \quad (18),$$

где r_o – количество тепла, расходуемого на испарение 1 кг влаги, в периоде постоянной скорости сушки, ккал.; t_M – температура по мокрому термометру, °С.

$$q_B c_B \frac{\partial t_B}{\partial h} = r \rho_C \frac{\partial W}{\partial \tau},$$

$$-Ar_o \rho_C \left[\frac{\partial W}{\partial \tau} + B(W - W_p)^n \frac{\partial W}{\partial \tau} \right] = \alpha_V (t_B - t_M) \cdot (W - W_p)^n. \quad (20)$$

где $t_B = t_B(\tau, h)$, $W = W(\tau, h)$.

Система уравнений должна быть решена при следующих начальных и граничных условиях:

$$W(0, h) = W_0, \quad (21)$$

$$t_B(\tau, 0) = t_0. \quad (22)$$

Условия (21) и (22) означают, что влажность жома в начальный момент времени одинакова по всей высоте слоя, а температура воздуха на входе в слое остается постоянной, равной средней температуре воздушного потока, подаваемого в слой жома.

Для решения системы (20) целесообразно ввести безразмерные переменные величины параметры времени, высоты слоя и влажности материала.

Обозначим

$$\frac{W_2 - W_p}{W_1 - W_p} = \frac{W}{W_0} = \Omega, \quad (23)$$

$$\frac{t'_C - t'_M}{t_C - t_M} = \frac{T}{T_B} = \Theta, \quad (24)$$

где $W_1 - W_p = W_0$ и $W_2 - W_p = W$ – начальная и текущая влажность материала, доли единицы; $t_C - t_M = T_B$ и $t'_C - t'_M = T$ – психрометрическая разность температур воздуха на входе в слой и на выходе из него, °С.

Система (20) после замены W и t_B через Ω и Θ переписывается в виде

$$q_B c_B T_0 \frac{\partial \Theta}{\partial h} = r \rho_C W_0 \frac{\partial \Omega}{\partial \tau},$$

$$\frac{\partial \Omega}{\partial \tau} \left[1 + \frac{B W_0^n}{A} \Omega^n \right] = - \frac{\alpha_V T_0 W_0^{n-1}}{A r_o \rho_C} \Omega^n \Theta. \quad (25)$$

Обобщенная переменная высота слоя

$$X' = \frac{r \alpha_V W_0^n h}{r_o \rho_B c_B A}. \quad (26)$$

Тогда скорость сушки элементарного объема слоя с учетом (17) запишется так:

$$S = \frac{\alpha_V (t_B - t_M) \cdot (W - W_p)^n}{r_o \left[A + B(W - W_p)^n \right]}. \quad (19).$$

С учетом вышеизложенного система уравнений для решения поставленной задачи может быть написана в виде

Обобщенная переменная, зависящая при прочих равных условиях только от времени

$$Y' = \frac{\alpha_V W_0^{n-1} \tau}{r_o \rho_C A}. \quad (27)$$

Обобщенная переменная, определяющая физические свойства высушиваемого материала

$$Z = \frac{B W_0^n}{A}, \quad (28)$$

Система уравнений (25) с учетом новых переменных переписывается в виде

$$\frac{\partial \Theta}{\partial X'} - \frac{\partial \Omega}{\partial Y'} = 0,$$

$$(1 + Z \Omega^n) \frac{\partial \Omega}{\partial Y'} + \Omega^n \Theta = 0. \quad (29)$$

где $\Theta = \Theta(X', Y')$; $\Omega = \Omega(X', Y')$.

Граничные и начальные условия при новых переменных формулируются следующим образом:

$$\Theta(0, Y') = 1, \quad (30)$$

$$\Omega(X', 0) = 1. \quad (31)$$

Для решения системы уравнений (29) необходимо получить аналитическую зависимость $\Theta = \Theta(X', Y')$, удовлетворяющую (30).

Полагая, что

$$\Theta = \frac{a^{Y'}}{a^{X'} + a^{Y'} - 1}, \quad (32)$$

где a – положительное число.

Получим:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial X'} = \frac{a^{X'} a^{Y'} \ln a}{(a^{X'} + a^{Y'} - 1)^2}, \quad (33)$$

Решая систему (29) с учетом (32) и (33), получим

$$\Omega = \left(\frac{1}{\frac{a^{X'} + a^{Y'} - 1}{a^{X'} \ln a} - Z} \right)^{\frac{1}{n}}. \quad (34)$$

Определим связь между обобщенными переменными X' и Y' .

Обозначим

$$X = \frac{X'}{X'_0} = \frac{h}{h_0}, \quad (35)$$

где X – число единиц элементарных слоев в высушиваемом слое; h – высота высушиваемого слоя, мм;

$$h = \frac{G_C}{F \rho_C}, \quad (36)$$

$$h_0 = \frac{G_C^0}{F \rho_C}, \quad (37)$$

где h_0 – высота элементарного слоя, мм.

Вес сухого вещества, приходящегося на единицу элементарного слоя

$$G_C^0 = \frac{m_B c_p T_0 \tau_0}{(W - W_p) r_0}, \quad (38)$$

где τ_0 – время сушки элементарного слоя до половины равновесного состояния, час; m_B – масса сухого воздуха, кг/ч; c_p – удельная теплоемкость воздуха, ккал/(кг·°C).

Окончательно выражение (35) имеет вид

$$X = \frac{G_C}{G_C^0}, \quad (39)$$

При этом число единиц времени

$$Y = \frac{Y'}{Y'_0} = \frac{\tau}{\tau_0}, \quad (40)$$

где Y – число единиц времени, необходимое для сушки данного количества слоев; τ – действительное время сушки слоя, ч.

Окончательно выражение (34) переписывается в виде

$$\Omega = \left(\frac{1}{\frac{a^X + a^Y - 1}{a^X \ln a} - Z} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (41)$$

Средняя величина критериальной влажности в зависимости от высоты и времени определится как

$$\bar{\Omega} = \frac{\sum_1^X \left(\frac{1}{\frac{a^X + a^Y - 1}{a^X \ln a} - Z} \right)^{\frac{1}{n}}}{X}. \quad (42)$$

Выражение (42) позволяет определить влажность материала на различной высоте слоя для различных моментов времени от начала процесса сушки.

При этом все параметры, определяющие развитие процесса, объединены в X, Y, Z и, таким образом, величина Ω является функцией только трех параметров.

При прочих равных условиях X зависит от высоты слоя, а Y – от времени сушки.

Переменная Z определяет физические свойства материала для данной влажности, величина Ω – среднюю влажность слоя высушиваемого материала, т.е. характеризует процесс убыли влаги из слоя жома.

Для выбора параметров установок, используемых в условиях Центрально-черноземного района, необходимо изучение влияния на величину сопротивления слоя следующих факторов: объемной массы слоя, скорости и направления движения воздуха в нем, характеристики жома массы и параметров продуваемого воздуха.

Получение чисто аналитической зависимости между указанными величинами практически невозможно, экспериментальное определение чрезвычайно трудоемко, так как требуется установить связь между семью величинами. Поэтому зависимость между сопротивлением слоя и факторами, влияющими на него, получена при помощи теории размерностей [12].

Согласно теории измерений, все единицы меры можно свести к трем основным: длины, массы и времени. Это упрощает решение поставленной задачи. Сопротивление, оказываемое слоем прохождению воздуха, является функцией

$$\Delta P = f(\rho_c, V_B, \gamma_B, \rho_B, \mu, \nu, h), \quad (43)$$

где ρ_c – объемная масса слоя, кг/м³; V_B – скорость движения воздуха в слое, м/с; γ_B – удельный вес, Н/м³; ρ_B – плотность воздуха, кг/м³; μ – динамическая вязкость воздуха, Па·с; ν – кинематическая вязкость воздуха, м²/с; h – высота слоя.

Так как удельный вес и плотность, а также динамическая и кинематическая вязкость воздуха связаны между собой ускорением силы тяжести, то достаточно вместо четырех величин, характеризующих свойства воздуха, взять только две и присоединить к ним ускорение силы тяжести. Тогда (43) переписывается в виде

$$\Delta P = f(\rho_c, V_B, \gamma_B, \mu, h, g). \quad (44)$$

Для потока воздуха в слое логично предположить, что при прочих равных условиях сопротивление слоя жома пропорционально его высоте. Тогда (44) можно представить в виде экспоненциальной зависимости

$$\Delta P = A h \rho_c^m V_B^n g^x \gamma_B^y \mu^z, \quad (45)$$

где A – безразмерный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала (размеры, длину и толщину частиц жома и др.); m, n, x, y, z – неизвестные показатели степеней.

Определяя размерности величин, входящих в (45), по системе СИ, получим систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} m + z + y &= 1; \\ n - 3m + x - 3y - 2z &= -3; \\ z - n - 2x &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (46)$$

В этой системе неизвестных величин пять, а уравнений три, поэтому целесообразно ее решить, выразив x, y, z через m и n , а последние определить экспериментальным путем.

Выражение (45) с учетом (46) запишется в виде

$$\Delta P = A h \rho_c^m V_B^n g^{\frac{-2}{3}} \gamma_B^{\frac{3-3m+n}{3}} \mu^{\frac{-n}{3}}. \quad (47)$$

Выводы. На основании обобщения полученных результатов можно сформулировать следующие выводы.

1. Выражения (9) и (10) могут быть использованы как для исследования температуры и влажности жома на выходе из горячей камеры сушки при изменении остальных параметров, так и для определения деформации температурного и влажностного полей при нестационарном процессе.

2. При создании систем автоматического регулирования процесса сушки жома, интерес представляет динамика выходной влажности жома, описываемая уравнением (10).

3. Уравнения (41) и (42) позволяют проанализировать развитие процесса сушки по высоте слоя и произвести обоснованный выбор параметров установок для сушки жома в конкретных условиях.

4. Используя выражение (45), можно рассчитать эффективную толщину слоя и организовать рациональный технологический процесс сушки.

5. На величину сопротивления, оказываемого слоем жома, существенно влияют параметры продуваемого воздуха и высушиваемого материала. Все единицы меры можно свести к трем основным: длины, массы и времени.

6. Получены аналитические выражения (45) и (47) сопротивления слоя жома при различных направлениях уплотнения слоя жома.

7. Наиболее эффективно жом просушивается при максимальном нагреве. Вместе с тем надо создать условия, исключая необратимые изменения в жоме, что и подтверждается проведенными теоретическими исследованиями.

Библиография

1. Новое в технологии сушки свекловичного жома / С.А. Булавин, К.В. Казаков, В.В. Билько, А.С. Колесников // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 1. С. 17-19.
2. Пат. 2268611 Российская Федерация, МПК51 А23К1/14, А23N17/00, F26B3/02. Способ и установка для переработки свекловичного жома / С.А. Булавин, К.В. Казаков, А.С. Колесников, В.А. Ветров, В.В. Билько. – №2003112287/13; заявл. 25.04.2003; опубл. 27.01.2006, Бюл. №. 03. 5 с.
3. Булавин С.А., Казаков К.В., Колесников А.С. Безотходная энергосберегающая технология сушки и переработки свекловичного жома // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 4. С. 38-41.
4. Булавин С.А., Казаков К.В., Колесников А.С. Энергосберегающая технология получения растительно-белкового витаминного концентрата из свекловичного жома // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 3. С. 28-29.
5. Андрианов Н.М., Судаков Н.Н., Макаров А.В. Оптимизация технологических режимов барабанных зерносушилок // Известия ТулГУ. Технические науки. 2010. № 3. С. 201-206.
6. Переходные процессы в технических системах, описываемых моделями массового обслуживания / Ротт А.Р., Алибеков С.Я., Маряшев А.В., Сальманов Р.С., Филимонов С.С. // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 7. С. 320-324.
7. Лукашов А.Л. Рациональные интерполяционные процессы на нескольких отрезках // Изв. Саратов. ун-та Нов. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2005. № 1-2. С. 34-48.
8. Авдеев А.В., Начинов Д.С., Начинова А.А. Моделирование процесса и режимов конвективной сушки зерна // Вестник ОрелГАУ. 2009. № 1. С. 39-43
9. Ермоченков М.Г. Кинетические параметры процесса сушки древесины // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2017. № 6 (360). С. 114-125.
10. Вендин С.В. Саенко Ю.В., Окунев А.Ф. Сушилка пророщенного зерна // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 1(41). С. 71-75.
11. Фирсов А.Н., Журавская А. О методах теории подобия и размерности // SAEC. 2020. № 2. С. 121-131.
12. Валге А.М., Добринов А.В. Модель процесса досушивания измельченного сена активным вентилированием // АгроЭкоИнженерия. 2003. № 75. С. 26-33.

References

1. Novoe v tekhnologii sushki sveklovichnogo zhoma [New in the technology of drying beet pulp] / S.A. Bulavin, K.V. Kazakov, V.V. Bil'ko, A.S. Kolesnikov // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. 2005. № 1. S. 17-19.
2. Pat. 2268611 Rossijskaya Federatsiya, MPK51 A23K1/14, A23N17/00, F26B3/02. Sposob i ustanovka dlya pererabotki sveklovichnogo zhoma [Method and installation for processing beet pulp] / S.A. Bulavin, K.V. Kazakov, A.S. Kolesnikov, V.A. Vetrov, V.V. Bil'ko. – №2003112287/13; zayavl. 25.04.2003; opubl. 27.01.2006, Byul. №. 03. 5 s.
3. Bulavin S.A., Kazakov K.V., Kolesnikov A.S. Bezotходnaya energosberegayushchaya tekhnologiya sushki i pererabotki sveklovichnogo zhoma [Waste-free energy-saving technology for drying and processing beet pulp] // Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2009. № 4. S. 38-41.
4. Bulavin S.A., Kazakov K.V., Kolesnikov A.S. Energosberegayushchaya tekhnologiya polucheniya rastitel'no-belkovogo vitamin'nogo koncentrata iz sveklovichnogo zhoma [Energy-saving technology for obtaining vegetable-protein vitamin concentrate from beet pulp] // Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii. 2011. № 3. S. 28-29.
5. Andrianov N.M., Sudakov N.N., Makarov A.V. Optimizatsiya tekhnologicheskikh rezhimov barabannykh zernosushilok [Optimization of technological modes of drum grain dryers] // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. 2010. № 3. S. 201-206.
6. Perekhodnye processy v tekhnicheskikh sistemah, opisyyvaemykh modelyami massovogo obsluzhivaniya [Transient processes in technical systems described by queuing models] / Rott A.R., Alibekov S.Ya., Maryashev A.V., Sal'manov R.S., Filimonov S.S. // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 7. S. 320-324.
7. Lukashov A.L. Ratsional'nye interpolatsionnye processy na neskol'kih otrezkakh [Rational interpolation processes on several segments] // Izv. Sarat. un-ta Nov. Ser. Matematika. Mekhanika. Informatika. 2005. № 1-2. S. 34-48.
8. Avdeev A.V., Nachinov D.S., Nachinova A.A. Modelirovanie processa i rezhimov konvektivnoy sushki zerna [Modeling of the process and modes of convective drying of grain] // Vestnik OrelGAU. 2009. № 1. S. 39-43.
9. Ermochenkova M.G. Kineticheskie parametry processa sushki drevesiny [Kinetic parameters of wood drying process] // Izvestiya VUZov. Lesnoj zhurnal. 2017. № 6 (360). S. 114-125.
10. Vendin S.V. Saenko Yu.V., Okunev A.F. Sushilka prorozhennogo zerna [Germinated grain dryer] // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2021. № 1 (41). S. 71-75.
11. Firsov A.N., Zhuravskaya A. O metodah teorii podobiya i razmernosti [Methods of the Theory of Similarity and Dimension] // SAEC. 2020. № 2. S. 121-131.

12. Valge A.M., Dobrinov A.V. Model' processa dosushivaniya izmel'chennogo sena aktivnym ventilirovaniem [Model of the process of final drying of crushed hay by active ventilation] // AgroEkoInzheneriya. 2003. № 75. S. 26-33.

Сведения об авторах

Казakov Константин Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-905-173-96-88, e-mail: Kazakov_kv@bsaa.edu.ru;

Колесников Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-908-783-88-92, e-mail: kolesnikov_as@bsaa.edu.ru;

Минасян Алексан Гургенович, кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-910-323-24-15, e-mail: minasian_ag@bsaa.edu.ru.

Information about authors

Kazakov Konstantin Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, associate Professor of Department of machines and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8-905-173-96-88, e-mail: Kazakov_kv@bsaa.edu.ru;

Kolesnikov Aleksandr Stanislavovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of Department of technical mechanics and machinery design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8-908-783-88-92, e-mail: kolesnikov_as@bsaa.edu.ru;

Minasyan Alexan Gurgenovich, candidate of technical sciences, associate Professor of the Department of technical mechanics and machine design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 89103232415, e-mail: minasian_ag@bsaa.edu.ru.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОНОМНОГО МОДУЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОЗОНАТОРА ВОЗДУХА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Аннотация. Современное животноводство и птицеводство перешло на технологию выращивания в закрытых производственных помещениях. Следовательно, одной из основных задач аграрного производства является создание и поддержание зоотехнических и ветеринарно-санитарных норм качества воздушной среды. Представлены результаты экспериментальных исследований конструкции автономного модуля электрического озонатора воздуха и рекомендации по практической реализации применения электрического озонатора для улучшения качества воздушной среды в животноводческих помещениях. Предлагается конструкция автономного модуля электрического озонатора воздуха, работающего на основе коронирующего разряда, для улучшения показателей качества воздушной среды в производственном помещении. Модуль предназначен для производства озона в воздушной среде с целью профилактики и обеспечения ограничительных мер, направленных на предотвращение распространения заразных болезней животных. Результат достигается путем обеззараживания воздуха озоном и обеспечения оптимальных зооигиенических параметров воздушной среды по газовому составу. Модуль предполагается использовать как автономно, так и в системах вентиляции животноводческих помещений. Отличительной новизной устройства является излучатель, конструкция которого предусматривает регулировку воздушного зазора между керамическими основаниями и электродами, благодаря чему обеспечивается регулировка производительности по озону. На основе экспериментальных исследований выявлена зависимость по влиянию конструктивных параметров автономного модуля электрического озонатора воздуха на изменение концентрации озона. Установлено, что концентрация озона возрастает с увеличением напряжения и уменьшением расстояния разрядного промежутка, что соответствует общим теоретическим положениям. Выявлено, что для предлагаемой конструкции электроозонатора наибольшие значения концентрации озона (до 10 мг/м³) можно получить при напряжении 30 кВ и разрядном промежутке 25 мм.

Ключевые слова: помещение, воздушная среда, качество воздушной среды, оздоровление воздушной среды, озон, озонирование, автономный модуль, электроозонатор, коронный разряд.

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF AN AUTONOMOUS MODULE OF AN ELECTRIC AIR OZONATOR FOR LIVESTOCK PREMISES

Abstract. Modern animal husbandry and poultry farming has switched to the technology of growing in closed production premises. Consequently, one of the main tasks of agricultural production is the creation and maintenance of zootechnical and veterinary-sanitary standards of air quality. The results of experimental studies of the design of an autonomous module of an electric air ozonator and recommendations for the practical implementation of the use of an electric ozonator to improve the quality of the air environment in livestock premises are presented. The design of an autonomous module of an electric air ozonator operating on the basis of a corona discharge is proposed to improve the quality of the air environment in the production room. The module is designed for the production of ozone in the air in order to prevent and provide restrictive measures aimed at preventing the spread of infectious animal diseases. The result is achieved by disinfecting the air with ozone and ensuring optimal zoohygenic parameters of the air environment in terms of gas composition. The module is supposed to be used both autonomously and in ventilation systems of livestock premises. The distinctive novelty of the device is the radiator, the design of which provides for the adjustment of the air gap between the ceramic bases and the electrodes, which ensures the adjustment of ozone performance. On the basis of experimental studies, the dependence on the influence of the design parameters of the autonomous module of the electric air ozonator on the change in ozone concentration has been revealed. It is established that the concentration of ozone increases with increasing voltage and decreasing the distance of the discharge gap, which corresponds to the general theoretical provisions. It is revealed that for the proposed design of the electric ozonator, the highest values of ozone concentration (up to 10 mg/m³) can be obtained at a voltage of 30 kV and a discharge interval of 25 mm.

Keywords: room, air environment, air quality, air improvement, ozone, ozonation, autonomous module, electric ozonator, corona discharge.

Введение. Заболевания сельскохозяйственных животных серьёзно ограничивают продуктивность животных и развитие животноводства, чем значительно дестабилизируют экономическое развитие сельскохозяйственных регионов страны. Установлено, что наибольшую опасность с точки зрения заражения сельскохозяйственных животных представляет воздушная среда в помещении. В случае возникновения заражения животных болезнетворными микроорганизмами возникает опасность эпидемии, приводящей к ежегодному ущербу, причиняемому животноводству болезнями и падежом порядка 15...20% от стоимости продукции. Поэтому разработка технических средств, направленных на улучшение показателей качества воздушной среды в производственном помещении является актуальной научной задачей. В настоящее время применяются следующие способы регулирования качества воздушной среды в производственных помещениях: механический, физический, химический, биологический, комбинированный [1-5].

Одним из эффективных способов оздоровления и улучшения газового состава воздушной среды является озо-

нирование. При этом свою технологическую эффективность доказали электроозонаторные установки, реализующие различные физические принципы получения озона, в том числе и работающие на основе коронирующего разряда [6-11].

Материалы и методы. Цель и научная новизна представленных исследований состоит в разработке автономного модуля электрического озонатора воздуха, для улучшения показателей качества воздушной среды и санитарного состояния помещений сельскохозяйственного назначения.

При этом задачи исследований включали:

- анализ известных конструкций и технических решений, обеспечивающих улучшение качества воздушной среды в животноводческих помещениях;
- разработку конструкции автономного модуля электрического озонатора воздуха, производящего озон по физическому принципу коронирующего разряда;
- проведение теоретических и экспериментальных исследований.

Методология исследований предполагала использование методов патентного поиска, теории процессов электро-

озонирования, методов математической статистики и планирования эксперимента применительно к электрофизическим способам улучшения показателей качества воздушной среды в животноводческих и прочих сельскохозяйственных помещениях, а также методов регрессионного анализа с графическим представлением полученных результатов экспериментальных данных.

Представленные ниже результаты исследований включают результаты эксперимента и рекомендации по практической реализации применения автономного модуля электрического озонатора воздуха для улучшения качества воздушной среды в животноводческих помещениях.



Рис. 1 – Общий вид установки

Техническая новизна автономного модуля электрического озонатора воздуха подтверждена патентами на полезную модель № 204184 «Электрический озонатор воздуха» и №205379 «Электрический озонатор воздуха» [12-14].

Отличительной особенностью автономного модуля электрического озонатора воздуха является новая конструкция излучателя, работающего по принципу коронного разряда. Излучатель выполнен в виде двух керамических

Результаты экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования проводились с применением опытного образца автономного модуля электрического озонатора воздуха, работающего на коронном разряде. В основу разработки автономного модуля электрического озонатора воздуха для обеззараживания и улучшения качества воздушной среды в животноводческих и прочих сельскохозяйственных помещениях положены научные исследования, проведенные с 2018 по 2022 год на кафедре электрооборудования и электротехнологий в АПК Белгородского ГАУ. Общий вид установки показан на рисунке 1.

оснований с закрепленными на них вольфрамовыми электродами, на одном основании в виде сетки, с сотовой формой ячейки, на другом в виде иглы, с возможностью регулировки воздушного зазора между электродами, что позволяет проводить регулировку производительности излучателя по озону и повышает надежность работы автономного модуля электрического озонатора в целом.

Внешний вид излучателя представлен на рисунке 2 [15].

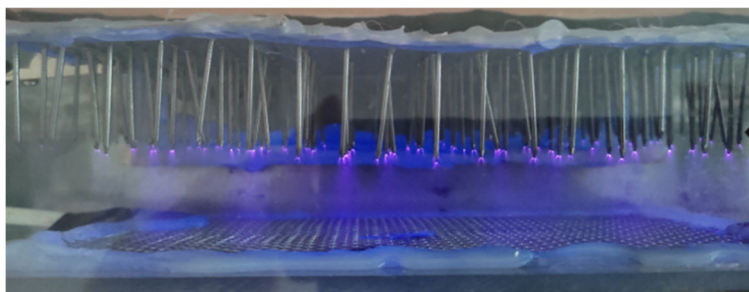


Рис. 2 – Внешний вид излучателя

В качестве генератора высокого напряжения (ГВН) автономного модуля электрического озонатора воздуха используется регулируемый импульсный источник. Принцип действия генератора заключается в повышении сетевого напряжения высоковольтным трансформатором, выпрямлении диодным мостом высокого переменного напряжения и создании на электрической емкости (конденсаторах) удвоенного амплитудного значения входного напряжения. Соответственно, конденсаторы и диоды схемы должны быть рассчитаны на необходимое напряжение. Располагать элементы умножителя нужно таким образом, чтобы обеспечить максимальное расстояние между выходными выводами, а также между умножителем, схемой преобразователя, корпусом устройства и т.д.

Выходящее напряжение генератора высокого напряжения определяется по следующей формуле

$$U_{\text{вых}} = n \cdot U_{\text{вх}}, \quad (1)$$

где n – количество каскадов, шт; $U_{\text{вх}}$ – входящее напряжение на умножитель, $U_{\text{вх}} = 220$ В.

Зависимость выходящего напряжения от количества каскадов представлена на рисунке 3.

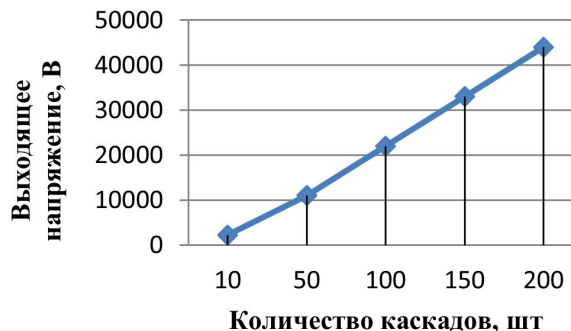


Рис. 3 – Зависимость выходящего напряжения от количества каскадов

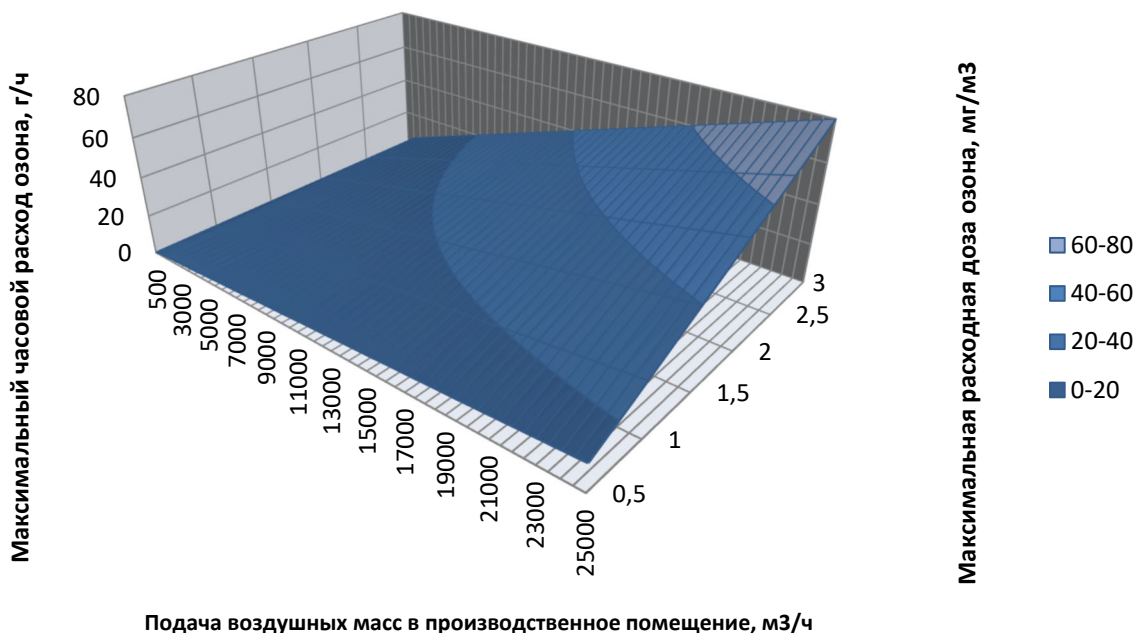
В соответствии с формулой (1) и графиком представленном на рисунке 3, для обеспечения стабильного выходного напряжения в диапазоне 20000...30000 В необходимо задействовать от 90 до 140 выходных каскадов.

Работа системы создания озона должна быть увязана с работой системы подачи воздуха в помещение или системой вентиляции. Максимальный часовой расход озона при использовании принудительной вентиляции можно оценить по формуле

$$M_{O_3} = (L_v \cdot q_{O_3, \max}) / k_{O_3}, \quad (2)$$

где L_v – подача воздушных масс в производственное помещение, $m^3/ч$; $q_{O_3, \max}$ – максимальная расходная доза озона, mg/m^3 ; k_{O_3} – коэффициент эффективности использования озона.

Ниже на рисунке 4 приведена расчетная поверхность максимального часového расхода озона, при максимальной расходной дозе озона в диапазоне 0,5-3 mg/m^3 .



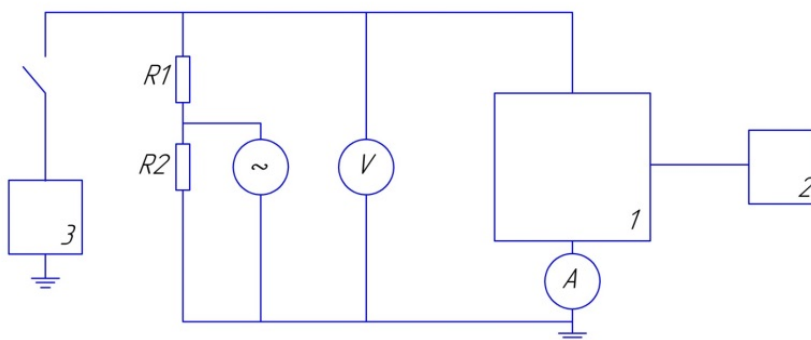
Подача воздушных масс в производственное помещение, м3/ч

Рис. 4 – Расчетная поверхность максимального часového расхода озона

Анализ приведенной расчетной поверхности показывает, что величина максимального часového расхода озона возрастает с увеличением подачи и максимальной расходной дозы озона.

Для проведения экспериментальных исследований по выявлению взаимосвязи между техническими и электрическими

параметрами работы озонатора и технологическими параметрами, определяющими процесс озонирования на базе опытного образца электрического озонатора и комплекта электроизмерительных приборов создан экспериментальный стенд. Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда представлена на рисунке 5.



1 – модуль озонатора; 2 – анализатор озона; 3 – генератор высокого напряжения; R1;R2 – делитель напряжения; ~ – осциллограф; V – вольтметр; A – амперметр

Рис. 5 – Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда

В качестве датчика озона на выходе из автономного модуля электрического озонатора воздуха в опытном образце применен полупроводниковый датчик озона MQ131,

в качестве контрольного датчика озона датчик ADT-53-1190, который имеет малый дрейф нуля. Датчик на выходе и датчик контроля представлены на рисунке 6.

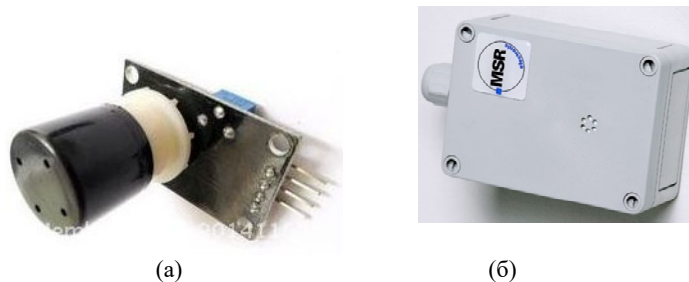


Рис.6 – Датчик озона на выходе (а) и контрольный датчик озона (б)

Экспериментальные исследования работы электрического озонатора проводились в соответствии с реализацией плана второго порядка Коно для 2-х факторного эксперимента. В качестве целевой функции была принята концен-

трация озона (мг/м³) в воздушной среде. Целевая функция и основные воздействующие факторы эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Целевая функция и основные действующие факторы эксперимента

Факторы	Кодированное значение фактора			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
Напряжение на излучателе, В	20000	25000	30000	2500
Разрядный промежуток между электродами, мм	25	30	35	2,5

Проведение эксперимента происходило при следующих условиях:

- площадь излучателя 180 см²;
- диаметр игольчатого электрода 2 мм;
- размер ячейки сетчатого электрода 3,5×3,5 мм;
- температура воздуха 21°С;

- влажность воздуха 64%;
- скорость воздушных масс 0,5 м/с;
- продолжительность работы между замерами 20 мин.

Результаты эксперимента (с учетом дублирования опытов) представлены в таблице 2. Данные заполняются согласно расчетной матрице.

Таблица 2 – Результаты эксперимента (с учетом дублирования опытов)

№	X ₁	X ₂	Y _{1n}	Y _{2n}	Y _{3n}	Y _{4n}	Y _{ср}	S _n ²	S _{n1} ²	S _{n2} ²	S _{n3} ²	S _{n4} ²
1	-	-	3,22	2,91	3,63	2,63	3,0975	0,5523	0,0150	0,0352	0,2835	0,2186
2	+	-	0,09	0,12	0,16	0,18	0,1375	0,0049	0,0023	0,0003	0,0005	0,0018
3	-	+	9,71	9,18	8,71	9,96	9,3900	0,9338	0,1024	0,0441	0,4624	0,3249
4	+	+	3,82	3,28	4,22	3,48	3,7000	0,5096	0,0144	0,1764	0,2704	0,0484
5	-	0	6,12	6,38	6,92	5,83	6,3125	0,6435	0,0371	0,0046	0,3691	0,2328
6	+	0	1,7	1,85	2,4	1,6	1,8875	0,3819	0,0352	0,0014	0,2626	0,0827
7	0	-	1,65	2,15	1,48	2,32	1,9000	0,4778	0,0625	0,0625	0,1764	0,1764
8	0	+	7,85	7,35	8,2	6,97	7,5925	0,8817	0,0663	0,0588	0,3691	0,3875
9	0	0	4,85	5,34	4,38	4,29	4,715	0,7017	0,0182	0,3906	0,1122	0,1806

Полученная по экспериментальным данным математическая модель влияния напряжения на излучателе, b (x_1) и разрядного промежутка между электродами, мм (x_2) на концентрацию озона (мг/м³) (y) в кодированных переменных имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_{12} + b_{22}x_{22}, \quad (3)$$

где $b_0=4,74$, $b_1=-2,18$, $b_2=2,59$, $b_{12}=-0,46$, $b_{11}=-0,6483$ – коэффициенты регрессионного уравнения.

Коэффициенты уравнения являются значимыми, адекватность модели удовлетворяет критерию Фишера ($F_{рас}=2,88 \leq F_{табл}=3,16$).

На рисунке 7 представлена построенная по уравнению (3) расчетная поверхность изменения концентрации озона в зависимости от натуральных значений напряжения на излучателе и расстояния разрядного промежутка.

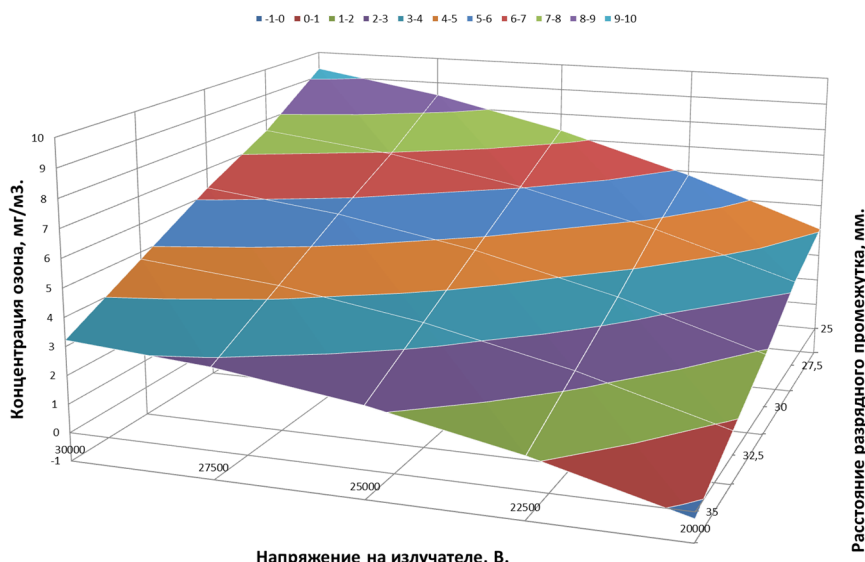


Рис. 7 – Изменение концентрации озона в зависимости от натуральных значений напряжения на излучателе и расстояния разрядного промежутка

Согласно приведенной поверхности следует отметить, что концентрация озона возрастает с увеличением напряжения и уменьшением расстояния разрядного промежутка, что согласуется с общими теоретическими положениями об образовании озона при коронном разряде. Установлено, что для исследуемой конструкции электроозонатора наибольшие значения концентрации озона (до 10 мг/м³) достигаются при напряжении 30 кВ и воздушном промежутке 25 мм. Увеличение напряжения и уменьшение воздушного промежутка приводит к нарушению озонообразования с переходом в обыкновенный электрический разряд, что недопустимо.

Рекомендации по применению автономного модуля электрического озонатора воздуха. Конструкция автономного модуля электрического озонатора воздуха позво-

ляет обеспечить высокую производительность по озону, а компактность конструкции и возможность изменения числа излучателей создают перспективу для изготовления как высокопроизводительных, так и малогабаритных маломощных переносных озонирующих устройств. Также можно использовать конструкцию в системе вентиляции и кондиционирования животноводческих и прочих сельскохозяйственных помещений, что в свою очередь будет способствовать улучшению показателей качества воздушной среды.

Один из возможных вариантов размещения группы автономных модулей электрических озонаторов в систему вентиляции и кондиционирования коровника представлен на рисунке 8.

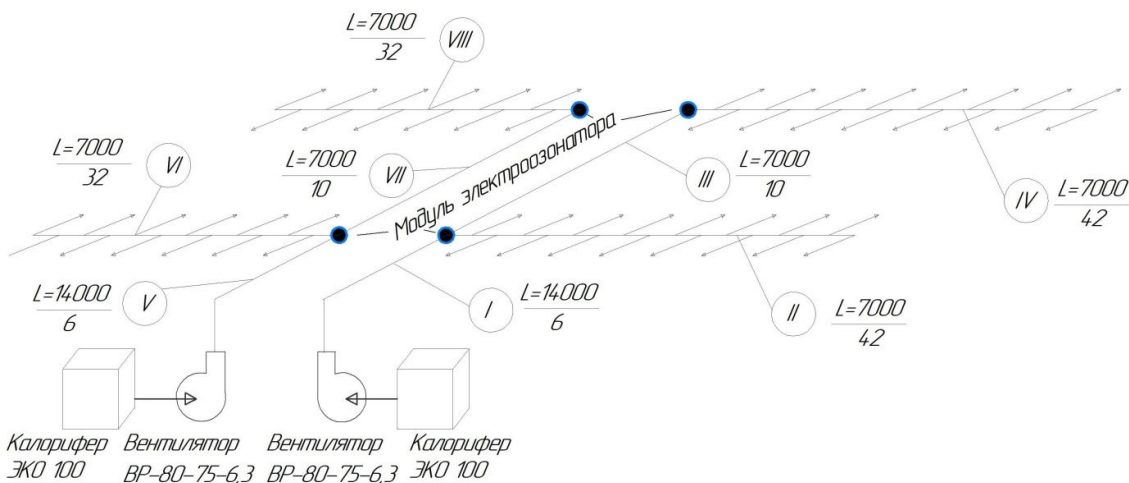
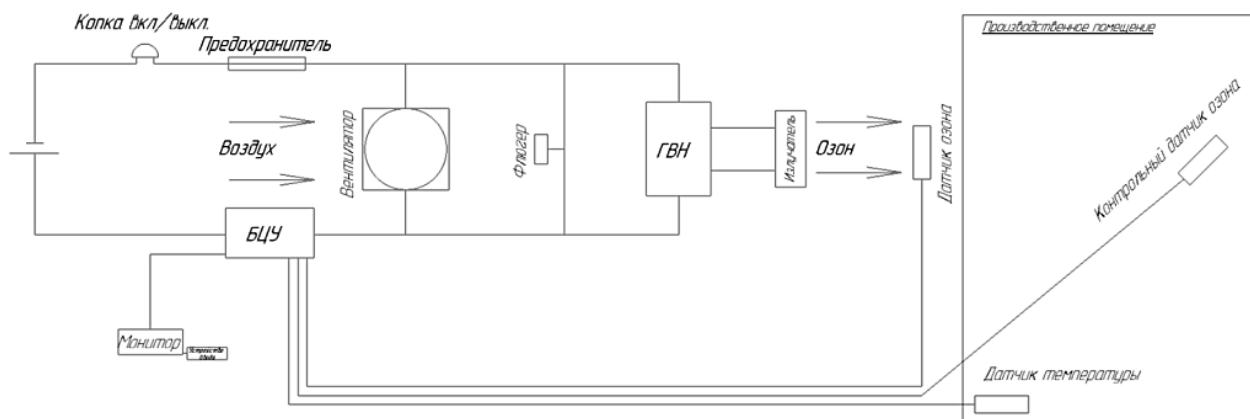


Рис. 8. – Вариант размещения группы автономных модулей электрических озонаторов в систему вентиляции и кондиционирования коровника

Технологическая схема процесса озонирования воздуха в животноводческом помещении и способ ее реализации

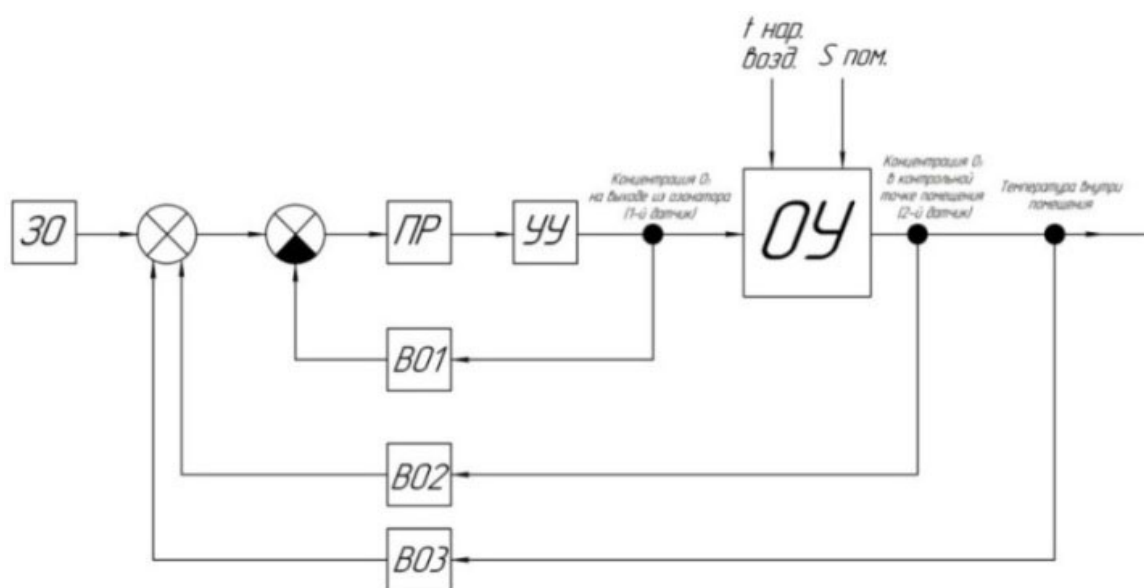
иллюстрируется структурной схемой, представленной на рисунке 9.



БЦУ – блок центрального управления; ГВН – генератор высокого напряжения

Рис. 9 – Технологическая схема процесса озонирования воздуха в животноводческом помещении

Для управления процессом озонирования может быть использована функциональная схема представленная и алгоритм управления представленные на рисунках 10 и 11 [16].



ЗО – задающий орган (задатчик); ПР – программный регулятор; УУ – управляющее устройство (озонатор); ОУ – объект управления (животноводческое помещение); ВО – воздействующий орган (датчики измерения); $t_{нар.возд.}$ – температура наружного воздуха; $S_{пом.}$ – площадь производственного помещения

Рис. 10 – Функциональная схема процесса озонирования воздуха в производственном помещении

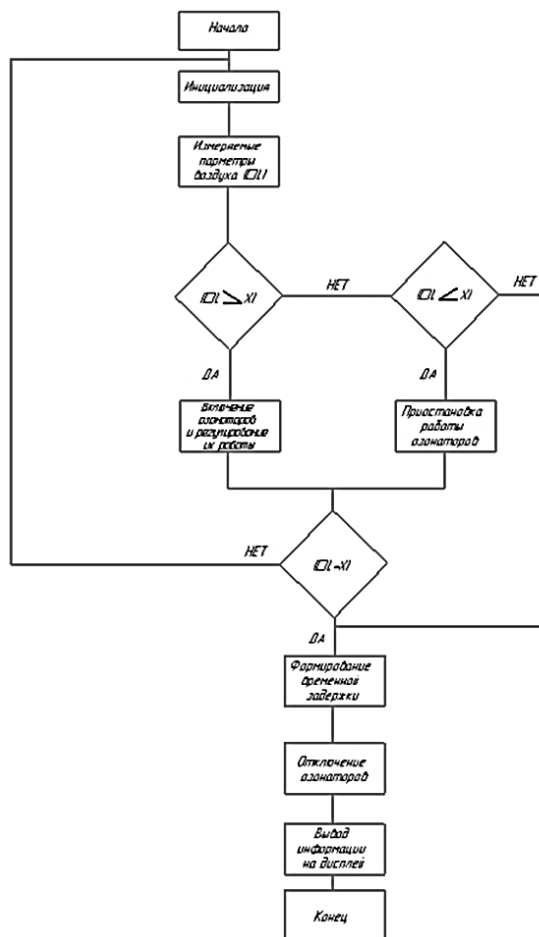


Рис. 11 – Алгоритм управления системой электроозонирования животноводческих и прочих сельскохозяйственных помещений

Выводы. На основе полученных результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1) разработана конструкция опытного образца автономного модуля электрического озонатора воздуха в животноводческих помещениях, преимуществами которой являются: модульность конструкции; высокая производительность по озону; высокая надежность озonoобразующих электродов; наличие встроенной защиты от включения и выключения работы устройства в случае отказа работы вентилятора или выхода из строя генератора высокого напряжения; модульность и автономность конструкции позволяет использовать разработку для озонирования воздуха в различных помещениях;

2) в результате экспериментальных исследований установлено, что предлагаемая конструкция автономного модуля электрического озонатора воздуха обеспечивает наибольшие значения концентрации озона до 10 мг/м³ при напряжении на аноде 30 кВ и при межэлектродном воздушном промежутке 25 мм;

3) в качестве рекомендаций по применению автономного модуля электрического озонатора воздуха в производственных условиях предложены: структурная схема системы озонирования животноводческих помещений, функциональная схема работы системы озонирования животноводческих помещений, система электроозонирования в коровнике интегрированная в систему кондиционирования.

Библиография

1. Иванов Б.Л., Сафиуллин И.Н. Современные технологии дезинфекции животноводческих помещений и оборудования // В сборнике конференции: Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики. Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.э.н., профессора Н.С. Каткова. – Казань : Изд-во Казанский ГАУ, 2020. – С. 86-89.
2. Афанасьев М.А., Копылова О.С., Ивашина А.В., Антоненко А.И. Технологии очистки озонem // В сборнике: Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве 80-я научно-практическая конференция. Ставрополь : издат. Ставропольский ГАУ, 2015. С. 32-37.
3. Попков И.В. Сравнительная характеристика различных схем дезинфекции животноводческих помещений // В сборнике: Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск : Изд-во Ижевская ГСХА, 2018. – С. 136-138.
4. Сторчевой В.Ф., Чернов Р.Ю. Снижение потерь энергетических показателей электроозонаторов // Природообустройство. 2011. № 2. С. 95-98.
5. Сторчевой В.Ф. Математическое моделирование стационарных процессов ионизатора-озонатора // Природообустройство. 2012. № 2. С. 78-82.
6. Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.Е. Создание озонно-ионной воздушной среды в закрытых помещениях для содержания животных и птицы // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2019. № 3 (91). С. 35-39.

7. Сторчевой В.Ф., Компаниец А.Е. Применение озонатора-ионизатора на молочных фермах // В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 294-296.
8. Сторчевой В.Ф., Компаниец А.Е., Кабдин Н.Е. Исследование параметров и режимов работы озонатора-ионизатора для молочных ферм // *Агроинженерия*. 2020. № 3 (97). С. 50-54.
9. Бардакова Е.А., Андреев С.А. Применение озонирования как наиболее экологического метода дезинфекции // В сборнике: Энергия будущего: В рамках рынка НТИ ЭНЕРДЖИНЕТ. Сборник трудов научно-практической конференции молодых ученых электроэнергетического факультета. – Ставрополь : Изд-во «АГРУС», 2021. С. 33-35.
10. Горбатовский Е.С., Вендин С.В. Применение электроозонирования воздуха в птичнике // В книге: Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. – Майский : Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. С. 48.
11. Безруких Н.С., Безруких Е.Г. Опыт применения озонаторов на молочном заводе // *Вестник КрасГАУ*. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2009. – № 8 (35). – С. 134-137.
12. ГОСТ 31829-2012. Оборудование озонаторное. Требования безопасности. – Введ. 01 января 2014. – М. : Стандартинформ, 2019. – 11 с.
13. Пат. 205379 Российская Федерация, МПК C01B 13/11. Электрический озонатор воздуха / А.Н. Мануйленко, С.В. Вендин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина». № 2020141915, заявл. 23.03.2020; опубл. 13.07.2021. Бюл. № 20. 5 с.
14. Пат. RU 204184 Российская Федерация, МПК C01B 13/11. Электрический озонатор воздуха / А.Н. Мануйленко, С.В. Вендин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина». № 2020142852, заявл. 23.12.2020; опубл. 13.05.2021. Бюл. № 14. – 6 с.
15. Мануйленко А.Н., Вендин С.В. Конструкция электрического озонатора для обеззараживания воздушных масс в животноводческом помещении // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2022. № 3 (35). С. 64-71.
16. Мануйленко А.Н. Управление и контроль параметров при электроозонировании воздуха в животноводческом помещении // *КИП и автоматика: обслуживание и ремонт*. 2021. № 7. С. 72-76.

References

1. Ivanov B.L., Safiullin I.N. Sovremennye tekhnologii dezinfekcii zhivotnovodcheskih pomeshchenij i oborudovaniya [Modern technologies of disinfection of livestock premises and equipment] // V sbornike konferencii: Razvitie APK i sel'skih territorij v usloviyah modernizacii ekonomiki. Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj pamyati d.e.n., professora N.S. Katkova. – Kazan' : Izd-vo Kazanskij GAU, 2020. – S. 86-89.
2. Afanas'ev M.A., Kopylova O.S., Ivashina A.V., Antonenko A.I. Tekhnologii oshistki ozonom ozonom [Ozone purification technologies] // V sbornike: Metody i tekhnicheskie sredstva povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya elektrooborudovaniya v promyshlennosti i sel'skom hozyajstve 80-ya nauchno-prakticheskaya konferenciya. Stavropol' : izdat. Stavropol'skij GAU, 2015. S. 32-37.
3. Popkov I.V. Sravnitel'naya harakteristika razlichnyh skhem dezinfekcii zhivotnovodcheskih pomeshchenij [Comparative characteristics of various disinfection schemes of livestock premises] // V sbornike: Nauchnye trudy studentov Izhevskoj GSKHA. – Izhevsk : Izd-vo Izhevskaya GSKHA, 2018. – S. 136-138.
4. Storchevoj V.F., Chernov R.Yu. Snizhenie poter' energeticheskikh pokazatelej elektroozonatorov [Reducing the loss of energy indicators of electric ozonizers] // *Prirodoobustrojstvo*. 2011. № 2. S. 95-98.
5. Storchevoj V.F. Matematicheskoe modelirovanie stacionarnyh processov ionizatora-ozonatora [Mathematical modeling of stationary processes of the ionizer-ozonizer] // *Prirodoobustrojstvo*. 2012. № 2. S. 78-82.
6. Storchevoj V.F., Suchugov S.V., Kompaniec A.E. Sozdanie ozonno-ionnoj vozduшной sredy v zakrytyh pomeshcheniyah dlya sodержaniya zhivotnyh i pticy [Creation of an ozone-ion air environment in enclosed spaces for keeping animals and birds] // *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina»*. 2019. № 3 (91). S. 35-39.
7. Storchevoj V.F., Kompaniec A.E. Primenenie ozonatora-ionizatora na molochnyh fermah [The use of an ozonizer-ionizer on dairy farms] // V sbornike: Doklady TSKHA. 2019. S. 294-296.
8. Storchevoj V.F., Kompaniec A.E., Kabdin N.E. Issledovanie parametrov i rezhimov raboty ozonatora-ionizatora dlya molochnyh ferm [Study of the parameters and operating modes of the ozonizer-ionizer for dairy farms] // *Агроинженерия*. 2020. № 3 (97). S. 50-54.
9. Bardakova E.A., Andreyanov S.A. Primenenie ozonirovaniya kak naibolee ekologicheskogo metoda dezinfekcii [Application of ozonation as the most ecological method of disinfection] // V sbornike: Energiya budushchego: V ramkah rynka NТИ ENERDZHINET. Sbornik trudov nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh elektroenergeticheskogo fakul'teta. – Stavropol' : Izd-vo «АГРУС», 2021. S. 33-35.
10. Gorbatsovskij E.S., Vendin S.V. Primenenie elektroozonirovaniya vozduha v ptichnike [The use of electric ozonation of air in the poultry house] // V knige: Gorinskie chteniya. Innovacionnye resheniya dlya APK. Materialy Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii. – Mayskij : Izd-vo FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2021. S. 48.
11. Bezrukih N.S., Bezrukih E.G. Opyt primeneniya ozonatorov na molochnom zavode [Experience of using ozonators at a dairy plant] // *Vestnik KrasGAU*. – Krasnoyarsk : Krasnoyarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2009. – № 8 (35). – S. 134-137.
12. GOST 31829-2012. Oborudovanie ozonatornoe. Trebovaniya bezopasnosti [Ozonator equipment. Safety requirements]. – Vved. 01 yanvarya 2014. – M. : Standartinform, 2019. – 11 s.
13. Пат. 205379 Rossijskaya Federaciya, МПК C01B 13/11. Elektricheskij ozonator vozduha [Electric air ozonizer] / A.N. Manujlenko, S.V. Vendin; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.Ya. Gorina». № 2020141915, zayavl. 23.03.2020; opubl. 13.07.2021. Byul. № 20. 5 s.
14. Пат. RU 204184 Rossijskaya Federaciya, МПК C01B 13/11. Elektricheskij ozonator vozduha [Electric air ozonizer] / A.N. Manujlenko, S.V. Vendin; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie

vysshego obrazovaniya «Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.YA. Gorina». № 2020142852, zayavl. 23.12.2020; opubl. 13.05.2021. Byul. № 14. – 6 s.

15. Manujlenko A.N., Vendin S.V. Konstrukciya elektricheskogo ozonatora dlya obezrazhivaniya vozdushnyh mass v zhivotnovodcheskom pomeshchenii [Design of an electric ozonator for disinfection of air masses in a livestock room] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2022. № 3 (35). S. 64-71.

16. Manujlenko A.N. Upravlenie i kontrol' parametrov pri elektroozonirovanii vozduha v zhivotnovodcheskom pomeshchenii [Management and control of parameters during electroozoning of air in livestock premises] // *KIP i avtomatika: obsluzhivanie i remont*. 2021. № 7. S. 72-76.

Сведения об авторах

Мануйленко Александр Николаевич, преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-11-36, e-mail: manujlenko_an@bsaa.edu.ru;

Ульянцев Юрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-11-36, e-mail: Uljancev_JN@bsaa.edu.ru;

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-11-36, e-mail: elapk@mail.ru.

Information about authors

Manujlenko Alexander Nikolaevich, Lecturer of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnology at Agro-Industrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. +7(4722) 39-11-36, e-mail: manujlenko_an@bsaa.edu.ru;

Ulyantsev Yuri Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnology at Agro-Industrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. +7(4722) 39-11-36, e-mail: Uljancev_JN@bsaa.edu.ru;

Vendin Sergey Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnology at Agro-Industrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. +7(4722) 39-11-36, e-mail: elapk@mail.ru.

УДК 621.651-77:621.9.04

А.Г. Пастухов, И.Ш. Бережная

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛУНЖЕРА

Аннотация. На предприятиях по переработке, например, молочной продукции широко применяются машины и оборудование критические детали, которых выполнены из нержавеющей сталей. Детали наиболее подверженные износу имеют цилиндрическую форму рабочей поверхности. Проанализировав особенности известных способов восстановления цилиндрических деталей типа «плунжер» приняли решение разработать оригинальный комбинированный способ, учитывающий требования к такому типу деталей. Для восстановления геометрических характеристик детали необходимо нанести слой, компенсирующий износ. Для этого рекомендуется применять электроискровой способ нанесения покрытия, так как такой способ позволяет спрогнозировать химические и механические свойства сформированного покрытия. Для устранения недостатков электроискрового нанесения, таких как высокая пористость слоя и неравномерность нанесения, применяется электромеханическое упрочнение, в процессе которого нанесенный слой выравнивается, уплотняется и упрочняется. Для выбора необходимой толщины компенсационного слоя необходимо выполнить следующие действия: провести метрологическую оценку износа рабочей поверхности детали и определить максимальный износ; оценить величину деформации при электро-механической обработке нанесенного слоя электроискровым способом; в соответствии с требованиями к качеству рабочей поверхности назначить необходимый допуск для окончательной механической обработки. В результате расчета для плунжера с максимальным значением износа 0,5 мм рекомендуемая толщина компенсационного слоя 1,50 мм, для каждого плунжера надо корректировать рекомендуемую толщину в зависимости от износа; рекомендуется для первого этапа выполнить около 40 слоев, для последующих повторных обработок около 30 слоев; общее количество обработок 7-8. для контроля толщины остаточного слоя проводить метрологическую оценку после каждой группы электроискровой и электромеханической обработок; в качестве окончательной обработки рекомендуется центровое шлифование.

Ключевые слова: плунжер, комбинированный способ, компенсационный слой, толщина, обработка.

EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF A COMBINED PLUNGER RECOVERY METHOD

Abstract. At processing enterprises, for example, dairy products, machines and equipment are widely used, critical parts of which are made of stainless steels. The parts most susceptible to wear have a cylindrical shape of the working surface. After analyzing the features of the known methods of restoring cylindrical parts of the "plunger" type, we decided to develop an original combined method that takes into account the requirements for this type of parts. To restore the geometric characteristics of the part, it is necessary to apply a layer that compensates for wear. To do this, it is recommended to use an electric spark coating method, since this method allows you to predict the chemical and mechanical properties of the formed coating. To eliminate the disadvantages of electric spark application, such as high porosity of the layer and uneven application, electromechanical hardening is used, during which the applied layer is leveled, compacted and hardened. To select the required thickness of the compensation layer, it is necessary to perform the following actions: to carry out a metrological assessment of the wear of the working surface of the part and determine the maximum wear; to estimate the amount of deformation during electromechanical processing of the applied layer by electric spark method; in accordance with the requirements for the quality of the working surface, assign the necessary tolerance for final machining. As a result of the calculation, for a plunger with a maximum wear value of 0.5 mm, the recommended thickness of the compensation layer is 1.50 mm, for each plunger, the recommended thickness should be adjusted depending on wear; it is recommended to perform about 40 layers for the first stage, and about 30 layers for subsequent repeated treatments; the total number of treatments is 7-8. to control the thickness of the residual layer, metrological evaluation after each group of electric spark and electromechanical treatments; center grinding is recommended as the final treatment.

Keywords: plunger, combined method, compensation layer, thickness, processing.

Введение. В целях обеспечения стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции, научно-технологического обеспечения развития сельского хозяйства и снижения технологических рисков в продовольственной сфере принята и реализуется Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. N 996 [1]. Реализация указанной Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы и достижение ее целей в ближайшей перспективе позволит не только снять технологическую зависимость и зависимость от импортного семенного материала в растениеводстве, племенной продукции (материала) в животноводстве, ветеринарии, кормопроизводстве, хранении и переработке сельхозпродукции, но и обеспечить наличие на российском рынке высококачественной и конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции отечественного производства. Наиболее важными задачами в сфере реализации Государственной программы, решение которых в первую очередь позволит обеспечить достижение ее целей, являются развитие отраслей агропромышленного комплекса с учетом технической и технологической модернизации. В этой связи необходимо повысить работоспособность имеющего-

ся оборудования перерабатывающих производств.

На предприятиях по переработке, например, молочной продукции широко применяются машины и оборудование критические детали, которых выполнены из нержавеющей сталей. Детали наиболее подверженные износу имеют цилиндрическую форму рабочей поверхности, причем подлежат замене и приводят к отказу механизма детали с общим износом, не превышающим 1% от его массы [2]. В этом случае актуализируется задача восстановления цилиндрических деталей с незначительным износом, изготовленных из нержавеющей стали, работающих в агрессивной среде и имеющих контакт с пищевыми продуктами [3].

Анализ исследований по теме. В работах Фархшатов М.Н., Зайнулина А.А., Серова А.В. рассматриваются способы восстановления электроконтактной приваркой [4, 5, 6]. Ипатов А.Г. предлагает способ восстановления и упрочнения деталей лазерным спеканием ультрадисперсных порошковых материалов [7]. Недостатками перечисленных способов является ограниченная толщина наносимого слоя, сложность оборудования и трудоемкость технологического процесса. Разработанная Маврутенковым А.А. технология восстановления рабочих поверхностей деталей из коррозионноустойчивых сталей плазменной наплавкой ограничена относительно невысокой производительностью и

необходимостью в сложном оборудовании [8]. Известные способы нанесения гальванических покрытий или способы напыления не рекомендуются применять для восстановления деталей, контактирующих с пищевыми продуктами [9].

Электроискровая обработка является наиболее перспективным, простым и доступным для малооснащенных мастерских хозяйств способом восстановления и упрочнения деталей соединений машин. При электроискровой обработке используется явление электрической эрозии (разрушения) и переноса металла инструмента (анода) на деталь (катод) при прохождении электрических разрядов в газовой среде. Преимущество электроискровой обработки заключается в возможности подобрать инструмент для восстановления из материала, наиболее подходящего к материалу восстанавливаемой детали и при этом минимизировать его расход [10].

На основании обзора выделим три способа восстановления, которые могут применяться для восстановления деталей из нержавеющей стали и имеющие контакт с пищевыми продуктами. Первый способ восстановления деталей, включающий электроискровое формирование многослойных покрытий (RU 2162488). Существенным недостатком данного способа является высокая трудоемкость процесса восстановления и технологические трудности, связанные с восстановлением поверхностей деталей тел вращения. Второй способ восстановления изношенных поверхностей деталей машин из нержавеющей стали, включающий электроискровое формирование многослойных покрытий (RU 2698001). Существенным недостатком способа является высокая трудоемкость процесса восстановления. Третий способ восстановления прецизионных деталей, включающий нанесение износостойкого покрытия методом электроискровой обработки с нанесением слоя толщиной, компенсирующей износ, и припуском на последующую обработку, с последующими механической обработкой, безабразивной ультразвуковой финишной обработкой и нанесением алмазоподобного тонкослойного покрытия (RU 2423214). Существенным недостатком данного способа является высокая трудоемкость процесса восстановления.

Также следует обратить внимание на перспективность способа восстановления с помощью электромеханического упрочнения, однако применение такого способа для гладких деталей типа «плунжер» недостаточно изучено [11].

Цель работы: разработать способ комбинированного восстановления плунжера и провести экспериментальную отработку.

Для достижения поставленной цели следует решить задачи:

- 1) проанализировать особенности применения способов восстановления цилиндрических деталей;
- 2) разработать способ комбинированного восстановления;
- 3) провести экспериментальную отработку для разработки рекомендаций к применению данного способа.

Материал исследования. Проанализировав особенности известных способов восстановления цилиндрических деталей типа «плунжер» приняли решение разработать оригинальный комбинированный способ, учитывающий требования к такому типу деталей.

Для восстановления геометрических характеристик детали необходимо нанести слой, компенсирующий износ. Для этого рекомендуется применять электроискровой способ нанесения покрытия, так как такой способ позволяет спрогнозировать химические и механические свойства сформированного покрытия. Для устранения недостатков электроискрового нанесения, таких как высокая пористость слоя и неравномерность нанесения, применяется электро-механическое упрочнение, в процессе которого нанесенный слой выравнивается, уплотняется и упрочняется. Это до-

стигается тем, что при восстановлении комбинированной обработкой (рисунок 1) компенсирующий слой наносит, полностью перекрывая изношенную поверхность детали, электроискровой обработкой $\delta_{ЭИО}$ движением электрода вдоль образующей цилиндрической поверхности детали с учетом шага и глубины следов износа, а электро-механическое упрочнение $\delta_{МЭУ}$ выполняют в поперечной плоскости цилиндра по винтовой линии, перекрывая полную площадь поверхности восстановленной части, при этом толщина наносимого слоя обеспечивает компенсацию износа, деформации при электро-механическом упрочнении и последующей механической обработки $\delta_{МЭХ}$ [12]. Для достижения необходимой толщины слоя данное чередование обработок можно проводить несколько раз.

При нанесении компенсирующего слоя электроискровой обработкой в изношенной зоне плунжера вдоль образующей цилиндрической поверхности детали обработке подвергают не на всю поверхность детали, а только ее рабочая часть, на которой присутствуют следы износа с заходом на неизношенную поверхность не более чем 5 мм. Перемещение электрода вдоль образующей должно проходить с учетом формирования перекрытия параллельных слоев на шаг $\Delta_{ЭИО}$, не только для заполнения бороздок, сформированных износом детали, но и для формирования более равномерного слоя.

Для улучшения механических характеристик нанесенного слоя необходимо провести деформацию электро-механической обработкой. При этом траектория движения инструмента должна проходить в поперечной плоскости цилиндра по винтовой линии, перекрывая полную площадь поверхности восстановленной части и также учитывать перекрытие на слой шаг $\Delta_{ЭМО}$.

Данные виды обработок необходимо чередовать до формирования необходимого уровня компенсационного слоя.

Для выбора необходимой толщины компенсационного слоя необходимо выполнить следующие действия:

- 1) провести метрологическую оценку износа рабочей поверхности детали и определить максимальный износ i_{max} ;
- 2) оценить величину деформации $\delta_{ЭМО}$ при электро-механической обработке нанесенного слоя $\delta_{ЭИО}$ электро-механическим способом;
- 3) в соответствии с требованиями к качеству рабочей поверхности назначить необходимый допуск $\delta_{МЭХ}$ для окончательной механической обработки.

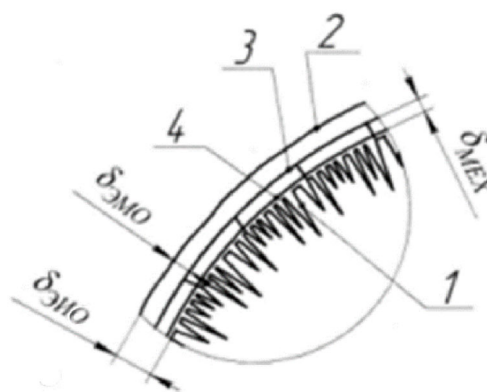


Рис. 1 – Графическая интерпретация формирования компенсационного слоя

Из всего выше сказанного закономерность формирования необходимого компенсационного слоя можно представить как сумму максимального износа i_{max} и рекомендуемого припуска на окончательную механическую обработку $\delta_{МЭХ}$, умноженную на поправочный коэффициент k , учитывающий погрешность измерения, неравномерность изно-

са и нанесенного покрытия, значение которого принимаем равным 1,1...1,2. Полученную закономерность можно выразить и как разницу нанесенного слоя электроискровым способом $\delta_{эио}$ и деформации электромеханической обработкой $\delta_{эмо}$, умноженной на кратность обработок n в виде

$$\Delta z = k \cdot (i_{\max} + \delta_{\text{МЭХ}}) = n(\delta_{\text{эио}} - \delta_{\text{эмо}}), \quad (1)$$

где Δz – компенсационный слой, необходимый для формирования номинального диаметра, мм; i_{\max} – максимальный показатель величины износа рабочей поверхности, мм; $\delta_{\text{МЭХ}}$ – припуск на окончательную механическую обработку, мм; k – поправочный коэффициент; $\delta_{\text{эил}}$ – толщина слоя электроискровым наращиванием, м; $\delta_{\text{эмо}}$ – деформация электромеханической обработкой, мм; n – число повторений обработок.

Для разработки рекомендаций по восстановлению цилиндрических деталей типа «плунжер» и выявления зависимости количества обработок от величины износа провели экспериментальную обработку.

Исследованиями установлено, что плунжеры гомогенизатора молока А1-ОГ2М, изготовленные из стали 40Х13 и отработавшие до плановой замены 750 часов имеют износ, представляющий собой выработанные продольные дорожки (канавки) различной глубины, на наружной цилиндрической поверхности протяженностью примерно 95 мм.

В результате микрометрической оценки выявлено, что наибольшая величина износа составляет не более 0,50 мм, следовательно, принимаем $i_{\max} = 0,50$ мм.

Плунжер является деталью, с повышенными требованиями к шероховатости, поэтому необходимо в качестве окончательной обработки применять шлифование. В соответствии со справочной литературой припуск на обработку шлифованием $\delta_{\text{МЭХ}}$ для цилиндрической детали диаметром 45 мм и длиной до 100 мм составляет 0,80 мм.

Для обоснования минимального количества обработок проведены экспериментальные исследования. Эксперимент проводили на образцах, имитирующих форму рабочей поверхности плунжера диаметром 45 мм, длиной 120 мм, материал – сталь 40Х13.

Электроискровое нанесение производится электродом АГ Е 308L-16, данная марка электродов выбрана на основании многокритериального подбора, и соответствует не только требованиям пищевой безопасности, но и позволяет сформировать наиболее качественный слой с высокими механическими характеристиками.

Электроискровое наращивание производилось на оборудовании БИГ-4. Установка БИГ-4 позволяет регулировать качественные характеристики (толщина наносимого покрытия, микротвердость, параметры рельефа поверхности и др.), с помощью изменения электрического режима. Всего может быть реализовано 35 режимов с широким диа-

пазоном энергии единичного разряда – от 0,045 до 5 Дж. Параметры электрического режима устанавливаются «режимом» и «коэффициентом энергии». Изменение значения «коэффициента энергии» отражается на изменении частоты импульсов, при этом наиболее высокие значения частоты (600...3000 Гц) реализуются на 1-м режиме генератора, а наиболее низкие значения (12...60 Гц) – на его 7-м режиме. Дополнительно в процессе работы может плавно регулироваться амплитуда. Диапазон регулирования составляет 0-0,2 мм. При малой амплитуде вибрации может иметь место прилипание электрода к обрабатываемому изделию, и процесс обработки будет протекать нестабильно. В этом случае необходимо, изменяя амплитуду вибрации, выбрать такое ее минимальное значение, при котором процесс обработки будет устойчивым, без залипания электрода [13].

В процессе эксперимента выявили, что для электродов марки АГ Е 308L-16 при нанесении слоя на сталь 40Х13 в зависимости от диаметра электрода необходимо применять следующие параметры:

1) диаметр электрода 1,6 мм – амплитудный ток должен быть равен 125 А, при этом длительность импульса 40 мкс, а частота импульса должна быть не менее 900 Гц, но не более 1500 Гц; энергия импульса при этом должна быть равна 0,09 Дж; параметры соответствуют режиму 2 с коэффициентом энергии не менее 0,6 для установки «БИГ-4»;

2) диаметр электрода 2 мм – амплитудный ток должен быть равен 200 А, длительность импульса – 80 мкс, частота импульса должна быть в пределах от 150 до 750 Гц, а энергия импульса равна 0,29 Дж (данные параметры соответствуют режиму 3 с коэффициентом энергии не более 0,6 для установки «БИГ-4»);

3) диаметр электрода 3,2 мм – амплитудный ток также должен быть равен 200 А, длительность импульса может быть увеличена с 80 до 170 мкс, при этом частота импульса при длительности 80 мкс должна быть не менее 450 Гц, а при увеличении длительности до 170 мкс – не более 252 Гц; энергия импульса при этом должна быть равна 0,29 или 0,61 Дж (данные параметры соответствуют режиму 3 с коэффициентом энергии не менее 0,6 или режиму 4 с коэффициентом энергии не более 0,6 для установки «БИГ-4») [14].

В результате предыдущих исследований выявлено, что на процесс нанесения электроискрового покрытия влияет предварительная подготовка поверхности, а именно для поверхности с предварительной обработкой в виде шлифования необходимо применять режим 3 и коэффициент энергии 1, для поверхности с предварительной обработкой в виде точения необходимо применять режим 3 и коэффициент энергии 0,8, а при дробеструйной обработке – режим 3 и коэффициент энергии 0,6 [15].

Усредненные показатели результатов нанесения сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Усредненные показатели первого электроискрового нанесения

Группа образцов	Предварительная обработка	Режим	Коэффициент энергии	Количество слоев, шт.	Нанесенный слой всего, мм	Нанесение материала в 1 слой, мм
1	Точение	3	0,8	20	0,43	0,021
2	Шлифование	3	1	40	0,54	0,014
3	Дробеструйная обработка	3	0,6	60	1,43	0,024

Из анализа данных таблицы 1 можно сделать вывод, что в процессе нанесения первых 20 слоев идет ускоренное формирования компенсационного слоя, затем этот процесс замедляется и после 40 слоев значительно ускоряется. Но при визуальной оценке можно наблюдать следующую картину: в процессе нанесения первых 40 слоев формируется наиболее равномерное покрытие, а с увеличением количества слоев резко ухудшается качество поверхности, форми-

руется бугристая поверхность, образуя пустоты в сформированном слое, поэтому для дальнейшей работы принято решение уменьшить количество слоев для образцов 2 и 3 группы.

Для выравнивания поверхности и уплотнения полученного слоя провели электромеханическую обработку. Результаты оценки обработки сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Усредненные показатели первой электромеханической обработки

Группа образцов	Предварительная обработка	Усилие пружины, Н	Сила тока, А	Деформация, мм	Остаток слоя, мм
1	Точение	250-300	1100	0,07	0,36
2	Шлифование	250-300	1100	0,13	0,41
3	Дробеструйная обработка	250-300	1100	0,56	0,87

Анализ данных таблицы 2 показывает, что максимальная деформация наблюдается у образцов группы 3, у которой было нанесено изначально максимально количество слоев, а у групп образцов 1 и 2 с количеством слоев до 40 деформация отличается не более чем на 10%. Отсюда следует, что предположение о сокращении количества слоев для последующих обработок является верным.

Данные экспериментов показали, что на формирование слоев предварительная обработка влияет только для

первого этапа нанесения, для последующих этапов предварительную обработку образцов не учитывали, а в качестве изменяемого фактора выбрали количество слоев. Причем для первой группы образцов оставили количество слоев 20, а для второй и третьей изменили на 30 и 40 соответственно. Параметры электроискрового нанесения в результате назначены в виде режима 3 и коэффициента энергии 0,8.

Усредненные показатели n-количества обработок сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Усредненные показатели n-кратного количества обработок

Группа образцов	Количество слоев, шт.	Слой ЭИО, мм	Деформация ЭМО, мм	Остаток слоя, мм
1	20	0,17	-0,06	0,11
2	30	0,23	-0,08	0,15
3	40	0,34	-0,18	0,16
Среднее	30	0,250	-0,103	0,147

Анализ данных таблицы 3 показывает, что после 20 слоев электроискровой обработки деформация составила 47%, после 30 слоев деформация увеличилась и составила 50% от нанесенного слоя, а после 40 слоев уже более 60% нанесенного материала деформируется. Отсюда можно сделать вывод, что увеличение количества слоев электроискрового нанесения формирует неоднородный слой и в процессе деформации при электромеханической обработке значительная часть нанесенного материала уплотняется, что приводит к увеличению количества обработок. Средние значения таблицы 3 показывают, что наиболее прогнозируемым является нанесение 30 слоев.

Вычислим необходимое количество обработок n из формулы (1)

$$n = \frac{k \cdot (i_{max} + \delta_{MEK})}{(\delta_{ЭИО} - \delta_{ЭМО})} \quad (2)$$

Следовательно, подставив все известные значения в формулу (2), получаем

$$n = \frac{1,15 \cdot (0,5 + 0,8)}{(0,247 - 0,107)} = \frac{1,495}{0,14} = 10,6.$$

Округлим полученное значение до ближайшего большего целого, примем n=11.

Результат расчета является ориентировочным, так как в формуле (1) принимаются во внимание только средние значения и не учитывает разную скорость формирования покрытия в зависимости от предварительной обработки изношенной поверхности, разную толщину сформированного слоя на каждом этапе обработки, отличие величины деформации в зависимости от количества нанесенных слоев и т.п.

Для окончательного принятия решения о минимальном количестве обработок с учетом всех перечисленных факторов скорректируем формулу (1) к виду

$$\Delta_{\Sigma} = k \cdot (i_{max} + \delta_{MEK}) \leq \sum_{i=1}^n (\delta_{ЭИОi} - \delta_{ЭМОi}) \quad (3)$$

Результаты окончательных расчетов по скорректированной формуле (3) сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчет толщины нанесенного слоя

Группа образцов	k · (i _{max} + δ _{MEK})	Нарастающим итогом, мм										
		(δ _{ЭИО1} - δ _{ЭМО1})	(δ _{ЭИО2} - δ _{ЭМО2})	(δ _{ЭИО3} - δ _{ЭМО3})	(δ _{ЭИО4} - δ _{ЭМО4})	(δ _{ЭИО5} - δ _{ЭМО5})	(δ _{ЭИО6} - δ _{ЭМО6})	(δ _{ЭИО7} - δ _{ЭМО7})	(δ _{ЭИО8} - δ _{ЭМО8})	(δ _{ЭИО9} - δ _{ЭМО9})	(δ _{ЭИО10} - δ _{ЭМО10})	(δ _{ЭИО11} - δ _{ЭМО11})
1	1,495	0,360	0,470	0,580	0,690	0,80	0,910	1,020	1,130	1,240	1,350	1,460
2		0,410	0,580	0,750	0,920	1,090	1,260	1,430	1,60	1,770	1,940	2,110
3		0,870	1,030	1,190	1,350	1,510	1,670	1,830	1,990	2,150	2,310	2,470
Среднее		0,550	0,690	0,840	0,990	1,130	1,280	1,430	1,570	1,720	1,870	2,010

Расчет толщины нанесенного слоя для первых четырех обработок выполнен на основе экспериментальных данных, а для последующих обработок использовали усредненные показатели прогнозируемой толщины. Анализируя данные таблицы 4, можно сделать вывод, что для образцов группы

№3 достаточно 5 этапов комбинированной обработки (электроискровое нанесение слоя и электромеханическое упрочнение), для образцов группы 2 потребуется 7-8 этапов обработки, а для образцов 1 группы необходимо более 11 этапов обработки.

Вывод. В результате анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

- 1) в результате расчетной оценки для плунжера с максимальным значением износа 0,5 мм рекомендуемая толщина компенсационного слоя составляет 1,50 мм, но не менее 1,30 мм; для каждого плунжера следует корректировать рекомендуемую толщину в зависимости от износа согласно формулы (3);
- 2) электроискровое нанесение компенсационного слоя рекомендуется выполнять электродами диаметром 2 мм, причем амплитудный ток должен быть равен 200 А, длительность импульса – 80 мкс, частота импульса 450 Гц, энергия импульса равна 0,29 Дж;
- 3) с учетом визуального контроля качества полученной поверхности и оценки прогнозируемости толщины слоев последующих обработок, рекомендуется для компенсации следов износа и формирования равномерного ком-

пенсационного слоя толщиной: для первого этапа выполнить электроискровое нанесение 40 слоев, для последующих обработок по 30 слоев, при этом общее количество обработок рекомендуется порядка 7-8;

4) для контроля толщины формируемого и остаточного слоя рекомендуется проводить метрологическую оценку в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях на трех уровнях поперечных сечений после каждой группы электроискровой и электромеханической обработок;

5) в качестве окончательной обработки рекомендуется центровое шлифование до получения рабочей поверхности, при этом после снятия слоя 0,8 мм провести метрологическую оценку на соответствие номинальному диаметру рабочей поверхности плунжера 45 мм и при необходимости провести доводку полировкой.

Библиография

1. Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2017. N36. Ст. 5421.
2. Лузан С.А. Критерий выбора способа восстановления деталей машин // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. 2017. Вип. 183. С. 45-56.
3. Пастухов А.Г., Бережная И.Ш. Методика и результаты критериальной оценки инструмента электроискрового наращивания // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 2 (22). С. 67-78.
4. Фархшатов М.Н. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей сельскохозяйственной техники и оборудования электроконтактной приваркой коррозионноустойчивых и износостойких материалов : диссертация ... доктора технических наук : 05.20.03 Уфа, 2007 527 с., Библиогр.: с. 435-469 РГБ ОД, 71:07-5/486.
5. Зайнуллин А.А. Повышение эффективности восстановления валов сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой стальных проволок путем совершенствования технологии и оборудования : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.03 – Уфа, 2013. – 169 с. : ил. РГБ ОД, 61 14-5/275.
6. Серов А.В. Совершенствование технологии восстановления деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой металлической ленты : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.03 – Москва, 2011. – 209 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/26.
7. Ипатов А.Г. Разработка технологии восстановления деталей лазерным спеканием ультрадисперсных порошковых материалов: автореф. дис. канд. техн. Наук / А.Г. Ипатов. – Саранск, 2010. – 20 с.
8. Маврутенков, А.А. Технология восстановления деталей из коррозионно-стойких сталей оборудования перерабатывающих предприятий АПК плазменной наплавкой: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.20.03 / А.А. Маврутенков; РГАЗУ. – Москва, 2011. – 18 с.
9. Кравченко И.Н., Глинский М.А., Ерофеев М.Н. Перспективные направления исследований и использования плазменных технологий в машиностроении // Трибология – машиностроению: Труды XII Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию ИМАШ РАН. М. : Институт компьютерных технологий, 2018. С. 253-256.
10. Величко С.А. Разработка высокоэффективных технологий ремонта агрегатов навесных гидросистем тракторов с применением метода электроискровой обработки: диссертация ... доктора Технические науки: 05.20.03 [Место защиты: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»], 2018. 480 с.
11. Черноиванов, В.И. Организация и технология восстановления деталей машин: науч. издание / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин, И.Г. Голубев. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 568 с.
12. Пат. RU 2740935 С1 В 23 Р6 /00 Способ восстановления плунжера комбинированной обработкой: (2006.01) / А.Г. Пастухов, И.Ш. Бережная, заявитель и патентообладатель ФГБОУВО Белгородский ГАУ N 2020124545; заявл. 14.07.2020; опубл. 21.01.2021, Бюл. N 3.
13. Соловьев С.А., Иванов В.И., Величко С.А., Костюков А.Ю., Раков Н.В., Задорожний Р.Н. Стандарт организации. Методические указания по применению электроискровой установки «БИГ-4» / СТО ГОСНИТИ 2.001-2014. М. – 2014. Тип. ОАО «Рузаевский печатник». – 48 с.
14. Бережная И.Ш. Экспериментальная отработка режимов электроискровой обработки нержавеющей сталей // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 4 (28). С. 17-24.
15. Пастухов А.Г., Бережная И.Ш. Выбор режимов для электроискрового наращивания компенсационного слоя на плунжер // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 2 (30). С. 9-17.

References

1. Ob itogakh Federal'noy nauchno-tekhnicheskoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva na 2017-2025 gody [On the results of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017-2025]: reglament pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 25 avgusta 2017 g. № 996 // Sobraniye zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii. 2017. № 36. St. 5421.
2. Luzan S.A. Kryteryuy vybora sposoba vosstanovleniya detaley mashyn [The criteria for choosing a method of restoring machine parts] // Visnyk KHNTUS-H im. P. Vasylenka. Resursozberihayuchi tekhnolohiyi, materialy ta obladnannya u remontnomu vyrobnytstvi. 2017. Vyp. 183. S. 45-56.
3. Pastukhov A.G., Berezhnaya I.Sh. Metodika i rezul'taty kriterial'noy otsenki instrumenta elektroiskrovogo narashchivaniya [Methodology and results of criteria-based evaluation of the electrospark build-up tool] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2019. № 2 (22). S. 67-78.

4. Farhshatov M.N. Resursosberegayushchie tekhnologii vosstanovleniya detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki i oborudovaniya elektrokontaktnoj privarkoj korrozionnostojkikh i iznosostojkikh materialov [Resource-saving technologies of restoration of parts of agricultural machinery and equipment for electric welding corrosion-resistant and wear-resistant materials]: dissertaciya ... doktora tekhnicheskikh nauk : 05.20.03 Ufa, 2007 527 s., Bibliogr.: s. 435-469 RGB OD, 71:07-5/486.
5. Zajnullin A.A. Povyshenie effektivnosti vosstanovleniya valov sel'skohozyajstvennoj tekhniki elektrokontaktnoj privarkoj stal'nyh provolok putem sovershenstvovaniya tekhnologii i oborudovaniya [Increase of efficiency of restoration of shafts of agricultural machinery electrocontact welding steel wire by improving technology and equipment]: dissertaciya ... kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.20.03. – Ufa, 2013. – 169 s.: il. RGB OD, 61 14-5/275.
6. Serov A.V. Sovershenstvovanie tekhnologii vosstanovleniya detalej sel'skohozyajstvennoj tekhniki elektrokontaktnoj privarkoj metallicheskoj lenty [Improvement of technology of restoration of details of agricultural machinery electrocontact welding metal belt]: dissertaciya ... kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.20.03. – Moskva, 2011. 209 s.: il. RGB OD, 61 12-5/26.
7. Ipatov A.G. Razrabotka tekhnologii vosstanovleniya detaley lazernym spekaniyem ul'tradispersnykh poroshkovykh materialov [Development of technology for the restoration of parts by laser sintering of ultrafine powder materials] : avtoref.dis. kand. tekhn. nauk / A.G. Ipatov. – Saransk, 2010. – 20 s.
8. Mavrutenkov, A.A. Tekhnologiya vosstanovleniya detaley iz korrozionno-stoykikh staley oborudovaniya pererabatyvayushchikh predpriyatij APK plazmennoj naplavkoy [Technology for the restoration of parts from corrosion-resistant steels of equipment for processing enterprises of the agro-industrial complex by plasma surfacing] : avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk: 05.20.03 / A.A. Mavrutenkov; RGAZU. – Moskva, 2011. – 18 s.
9. Kravchenko I.N., Glinskiy M.A., Yerofeyev M.N. Perspektivnyye napravleniya issledovaniy i ispol'zovaniya plazmennyykh tekhnologiy v mashinostroyenii [Perspective directions of research and use of plasma technologies in mechanical engineering] // Tribologiya – mashinostroyeniye: Trudy XII Mezhdunarod-noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu IMASH RAN. M.: Institut komp'yuternyykh tekhnologiy, 2018. S. 253-256.
10. Velichko S.A. Razrabotka vysokoeffektivnykh tekhnologij remonta agregatov navesnykh gidrosistem traktorov s primeneniem metoda elektroiskrovoy obrabotki [Development of high-performance technologies for repair of tractor mounted hydraulic system units using the method of electric spark treatment]: dissertaciya ... doktora Tekhnicheskikh nauk: 05.20.03 [Mesto zashchity: FGBOU VO «Nacional'nyj issledovatel'skij Mordovskij gosudarstvennyj universitet im. N.P. Ogaryova»], 2018. 480 s.
11. Chernovanov, V.I. Organizatsiya i tekhnologiya vosstanovleniya detaley mashin: nauch. izdaniye [Organization and technology of restoration of machine parts: scientific. edition] / V.I. Chernovanov, V.P. Lyalyakin, I.G. Golubev. – M. : FGBNU «Rosinformagrotekh», 2016. – 568 s.
12. Pat. RU 2740935 C1 B 23 P6 /00 Sposob vosstanovleniya plunzhera kombinirovannoy obrabotkoj [Method for restoring the plunger by combined treatment]: (2006.01) / A.G. Pastuhov, I.Sh. Berezhnaya. zayavitel' i patentooblada-tel' FGBOUVO Belgorodskij GAU No 2020124545; zayavl. 14.07.2020; opubl. 21.01.2021, Byul. № 3.
13. Solov'yev S.A., Ivanov V.I., Velichko S.A., Kostyukov A.Yu., Rakov N.V., Zadorozhnyy R.N. Standart organizatsii. Metodicheskiye ukazaniya po primeneniyu elektroiskrovoy ustanovki «BIG-4». [Organization standard. Guidelines for the use of the BIG-4 electric spark installation.] / STO GOSNITI 2.001-2014. M. – 2014. Tip. OAO «Ruzayevskiy pechatnik». – 48 s.
14. Berezhnaya I.Sh. Eksperimental'naya otrabotka rezhimov elektroiskrovoy obrabotki nerzhavayushchih stalej [Experimental testing of electric spark treatment modes for stainless steels] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2020. № 4 (28). S. 17-24.
15. Pastukhov A.G., Berezhnaya I.Sh. Vybor rezhimov dlya elektroiskrovogo narashchivaniya kompensatsionnogo sloya na plunzher [Choice of modes for electrospark build-up of a compensation layer on a plunger] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2021. № 2 (30). S. 9-17.

Сведения об авторах

Пастухов Александр Геннадиевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, pastuhov_ag@bsaa.edu.ru, тел. 8(4722)392390;

Бережная Ирина Шамилиевна, старший преподаватель кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, berejnaya_i@bsaa.edu.ru.

Information about authors

Pastukhov Aleksandr Gennadievich, doctor of engineering, Professor, professor of the Department of technical mechanics and construction of machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, pastukhov_ag@bsaa.edu.ru;

Berezhnaya Irina Shamiliyevna, senior lecturer of the Department of technical mechanics and construction of machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, berejnaya_i@bsaa.edu.ru.

УДК 631.313

А.В. Рыжков, А.В. Мачкарин

АГРЕГАТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. В статье предлагается агрегат для внесения растворов концентратов микроорганизмов при внедрении системы биотехнологии в земледелии. Производству предлагаются разработки, снижающие негативные последствия кризиса в агропромышленном комплексе и повышающие устойчивость земледелия. Это, прежде всего, биологические факторы воспроизводства почвенного плодородия: расширение посевов бобовых культур, использование биологического азота, сидератов, растительных остатков. Обработка почвы по стерне и по сидеративным культурам дисковой бороной, входящей в агрегат, позволит одновременно проводить обработку почвы, измельчение, заделку пожнивных остатков и внесение растворов концентратов микроорганизмов. Рабочий орган дисковой бороны выполнен в виде вырезного сферического диска. Диск имеет пять зубьев, грани которых выполнены по дуге логарифмической спирали. Такая форма вырезов уменьшает сопротивление резанию почвы и энергоёмкость ее обработки. Данный комплекс агрегируется с тракторами 3-5 класса. Удельное сопротивление дисковой бороны с рабочими органами, выполненными по форме дуги логарифмической спирали, до 20% меньше, чем у той же бороны со сплошными дисками и до 8% меньше, чем у бороны с вырезами на дисках по дуге окружности. Получены оптимальные значения параметров дисковых почвообрабатывающих органов, найдено соотношение сил сопротивления резанию сплошного и предложенного вырезного дисков. Установлены следующие оптимальные значения конструктивно-режимных параметров дискового рабочего органа: диаметр диска – 670 мм; число зубьев – 6; коэффициент роста логарифмической спирали кромки зуба – 2; угол атаки – 120; скорость движения – 10 км/ч; глубина обработки почвы – 70 мм; радиус сферы диска – 630 мм; расстояние между дисками в батарее – 217 мм. Экспериментально установлены зависимости: удельного сопротивления различных дисковых рабочих органов от угла атаки и глубины обработки; глубины обработки дисковых рабочих органов от типа дисков, скорости движения и угла атаки. Минимальное удельное тяговое сопротивление было получено при работе бороны с дисками с вырезами по дуге логарифмической спирали и составило 1,65 кН/м.

Ключевые слова: агрегат, биологизация, сидераты, дисковый рабочий орган, сопротивление.

THE UNIT FOR TILLAGE IN THE BIOLOGIZATION OF AGRICULTURE

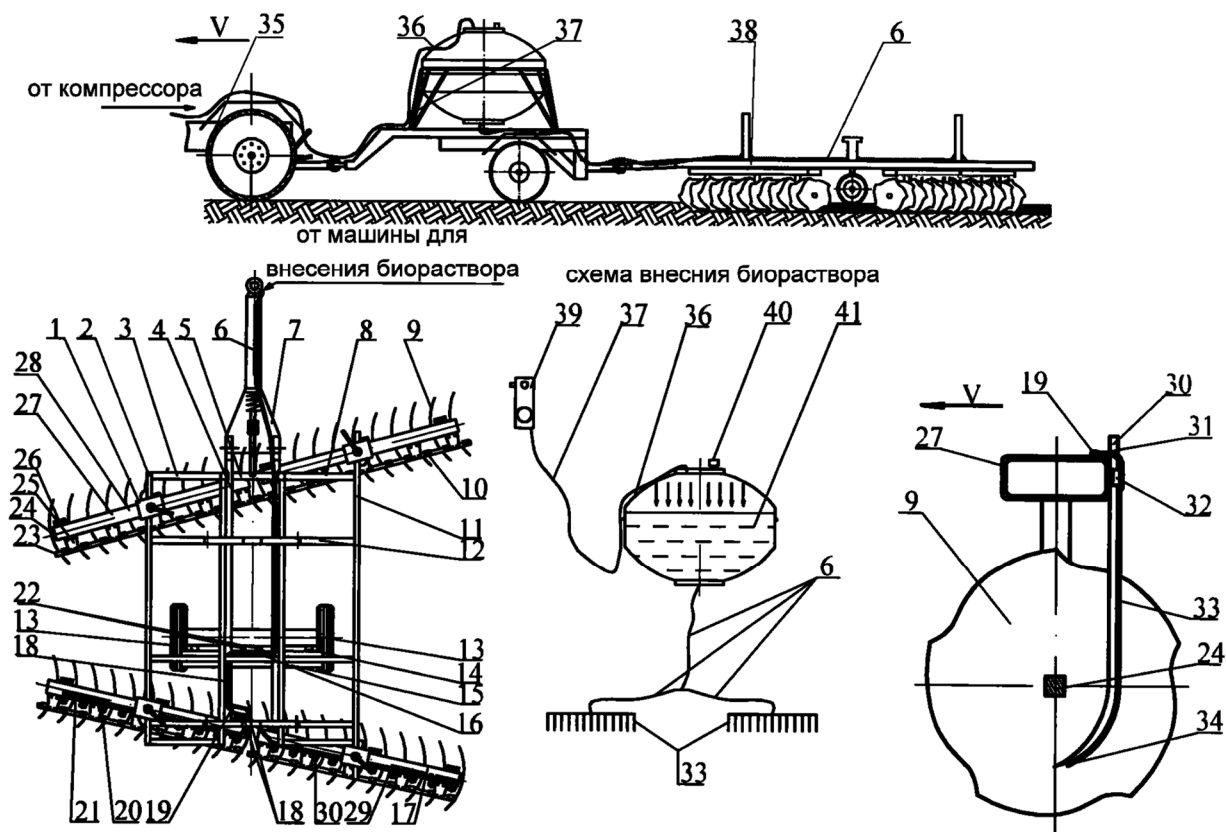
Abstract. The article proposes the unit for the introduction of solutions of concentrates of microorganisms during the introduction of a biotechnology system in agriculture. The production is offered developments that reduce the negative consequences of the crisis in the agro-industrial complex and increase the sustainability of agriculture. These are, first of all, biological factors of reproduction of soil fertility: the expansion of legume crops, the use of biological nitrogen, siderates, plant residues. Tillage on stubble and on siderative crops with a disc harrow included in the unit will allow simultaneous tillage, grinding, sealing of crop residues and the introduction of solutions of concentrates of microorganisms. The working body of the disc harrow is made in the form of a cut-out spherical disk. The disk has five teeth, the faces of which are made in an arc of a logarithmic spiral. This form of cutouts reduces the cutting resistance of the soil and the energy intensity of its processing. This complex is aggregated with tractors of class 3-5. The resistivity of a disk harrow with working bodies made in the form of a logarithmic spiral arc is up to 20% less than that of the same harrow with solid disks and up to 8% less than that of a harrow with cutouts on disks along a circular arc. The optimal values of the parameters of the disk tillage organs were obtained, the ratio of the forces of resistance to cutting of the solid and the proposed cut-out disks was found. The following optimal values of the design and operating parameters of the disk working body are established: the diameter of the disk is 670mm; the number of teeth is 6; the growth coefficient of the logarithmic spiral of the tooth edge is 2; the angle of attack is 12°; the speed of movement is 10 km/h; the depth of tillage is 70 mm; the radius of the disk sphere is 630 mm; the distance between the discs in the battery are 217 mm. Dependences have been experimentally established: the resistivity of various disk working bodies on the angle of attack and the depth of processing; the depth of processing of disk working bodies on the type of disks, the speed of movement and the angle of attack. The minimum specific traction resistance was obtained when the harrow was working with discs with cutouts along the arc of a logarithmic spiral and amounted to 1.65 kN/m.

Keywords: the unit, biologization, siderates, disk working body, resistance.

С целью сохранения плодородия почвы определились два направления обработки почвы. Это ресурсосберегающая и биотехнологическая обработка почвы. Последняя базируется на широком внедрении сидеральных культур – таких, как горчица, многолетние травы, эспарцет и др., которые измельчаются и заделываются, а также на внесении раствора микроорганизмов в почву и вермикюльтивировании [1]. Использование экологически безопасных биологических препаратов позволяет оказывать стимулирующее влияние на рост, развитие, продуктивность и качество урожая сельскохозяйственных культур. Так, при внесении в почву Активатора почвенной микрофлоры (АПМ) (1 г/га) и Азотовита (0,2 л/га) прибавка урожая озимой пшеницы составила 3,5 ц/га. Несколько меньшую прибавку – 3,1 ц/га – обеспечила обработка почвы Бактофосфином (0,2 л/га) [2].

Анализ литературных источников показывает, что измельчение сидеральных культур и внесение растворов концентратов микроорганизмов в почву наиболее перспективно осуществлять дисковыми почвообрабатывающими орудиями. Важной составной частью конструкции дисковых борон являются их рабочие органы. Они должны обеспечивать надлежащее качество обработки почвы, высокую проходимость агрегата на объектах и минимальную энергоёмкость выполняемого процесса [3].

Для осуществления биотехнологической обработки почвы нами совместно с заводом «Белагромаш-сервис» разработан агрегат для внесения раствора концентратов микроорганизмов (рисунок 1).

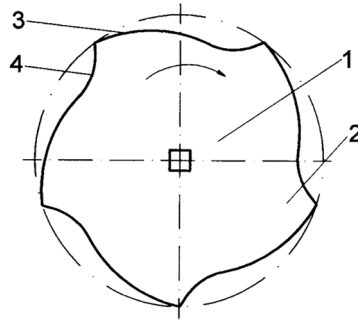


1 – устройство для изменения угла атаки; 2, 4, 11 – продольные брусья; 3 – левая рама; 5 – центральная рама; 6, 18, 16, 21 – трубопроводы концентраторов микроорганизмов; 7 – прицепное устройство; 8 – правая рама; 9 – диски; 10 – чистики дисков; 12 – поперечный брус рамы; 13 – колеса; 14, 25, 29 – кронштейны; 15 – лонжерон; 17, 28 – дисковые батареи; 18 – рукава концентраторов микроорганизмов; 19 – тройник; 22 – гидроцилиндр; 23 – рейка крепления чистиков; 24 – ось; 26 – опора крепления дисковой батареи; 27 – основной брус дисковой батареи; 30 – подкармливающее долото; 31 – дозатор; 32 – крепление; 33 – сливная трубка концентраторов микроорганизмов; 34 – крепление трубки; 35 – трактор; 36 – машина для концентрата микроорганизмов; 37 – воздушный трубопровод; 38 – дисковая борона, 39 – компрессор; 40 – регулятор давления; 41 – раствор концентратов микроорганизмов

Рис. 1 – Агрегат для внесения концентратов микроорганизмов в почву

Он включает трактор 35, емкость для раствора микроорганизмов 36 и дисковую борону 38 [4]. Подача биораствора 41 к штангам со сливными трубками 33 должна осуществляться при постоянном давлении воздуха в емкости машины для внесения биораствора, с которой агрегируется данная борона. Воздух в емкость нагнетается компрессором трактора 39 по воздушному трубопроводу 37. Постоянное давление обеспечивается регулятором давления 40, установленным на верхней крышке емкости. Дисковая борона состоит из центральной рамы 5 и двух боковых рам: левой 3 и правой 8, шарнирно соединенных с центральной. Рамы выполнены из продольных брусьев 2, 4, 11 и поперечных брусьев 12. На центральной раме 5 имеются два гидроцилиндра 22 для подъема и опускания бороны. На раме 5 закреплен лонжерон 15, на котором смонтированы кронштейны 14 крепления колес. На боковых рамах 3 и 8 присоединены две дисковые батареи 28 переднего ряда и две дисковые батареи 17 заднего ряда. Дисковые батареи 28 и 17 располагаются на рамах несимметрично относительно продольной оси бороны и закреплены к ним посредством устройств 1 для изменения угла атаки. Опорные колеса 13 используют при транспортировке бороны. Дисковая батарея 28 переднего ряда включает в себя основной брус 27, к которому при помощи трех опор крепления 26 с подшипниковыми узлами прикреплена ось 24 квадратного сечения. На оси 24 насажены рабочие органы (вырезные сфериче-

ские диски) 9 и втулки. Рабочие органы 9 выполнены в виде сферических дисков с пятью зубьями, кромки которых сделаны по логарифмической спирали. Каждый последующий диск 9 повернут на угол 10° относительно предыдущего. Это сделано для того, чтобы исключить воздействие периодических сил на подшипниковые узлы и снизить затраты мощности трактора на передвижение бороны. К основному брусу 27 с помощью кронштейнов 25 присоединена рейка 23 крепления чистиков с чистиками 10 для дисков. Конструкция дисковой батареи 17 заднего ряда отличается от конструкции батареи 28 переднего ряда тем, что к брусу батареи 17 прикреплены кронштейны 29 с подкармливающими долотами 30. К подкармливающим долотам 30 подводятся трубопроводы концентраторов микроорганизмов 21 и 22. К ним от машины для внесения биораствора с помощью трубопровода 6 подается раствор через тройник 19 и далее в левый и правый рукава 20. На центральной раме 5 шарнирно закреплено прицепное устройство 7. Подкармливающее долото 30 прикреплено к основному брусу дисковой батареи 28 при помощи крепления 32. По сливной трубке 33, закрепленной на долоте при помощи крепления 34, биораствор поступает в почву. Глубину заделки концентраторов микроорганизмов регулируют перемещением по высоте долот 30 в креплении 32. Сферический диск 1 (рисунок 2) содержит выступы (зубья) 2.



1 – сферический диск; 2 – зубья; 3, 4 – соответственно передняя и задняя режущая кромки

Рис. 2 – Дискový рабочий орган

Передняя режущая кромка 3 и задняя режущая кромка 4 зубьев 2 выполнены по логарифмической спирали, заданной формулой [5]

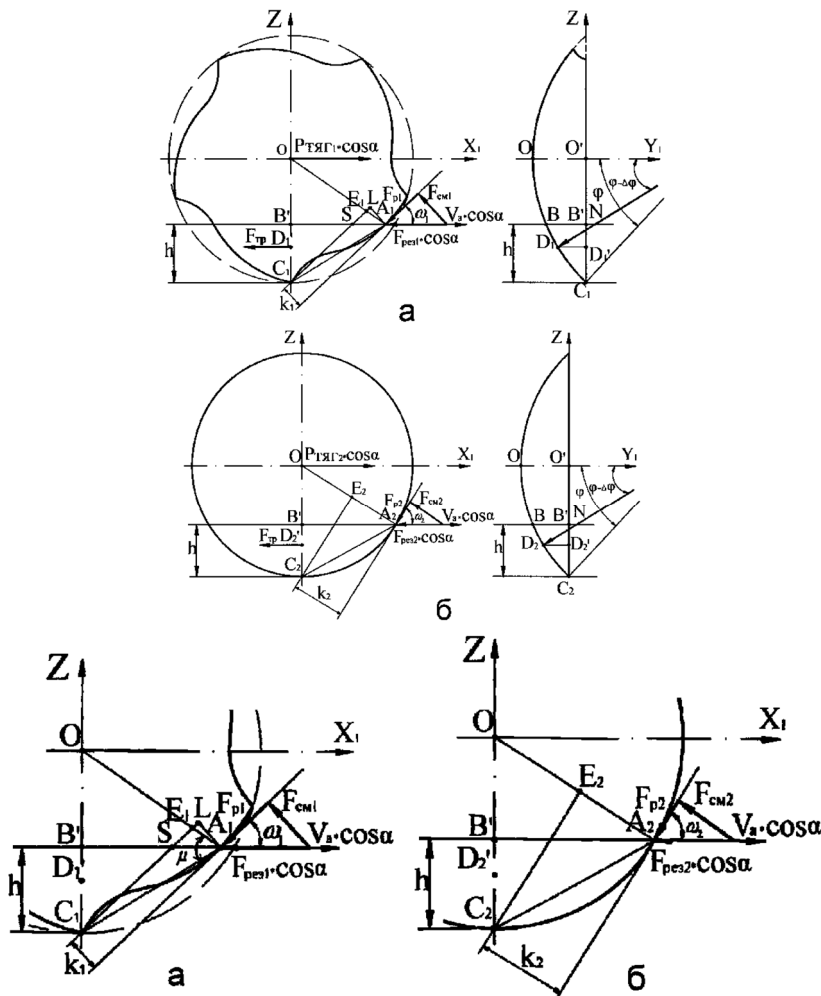
$$\rho = \rho_0 \cdot q^{\frac{\varphi}{2 \cdot \pi}}, \quad (1)$$

где ρ – радиус кривизны логарифмической спирали; φ – угол поворота радиус-вектора при построении спирали; ρ_0 – начальный радиус спирали ($\rho_0=106$); q – коэффициент роста логарифмической спирали ($q=4$).

Причем, начальный радиус ρ_0 и коэффициент роста логарифмической спирали q передней режущей кромки 3 и задней режущей кромки 4 одинаковы.

Концентраты микроорганизмов вносятся между дисков задних батарей на глубину 5-7 см [6].

Очень важно, чтобы рабочие органы дисковых борон имели такие параметры, которые обеспечивали бы не только надлежащее качество обработки почвы, но и имели минимальную энергоёмкость. Одним из главных компонентов реактивных сил является сила резания, расходуемая на отделение пласта от верхнего почвенного горизонта. Она зависит от характера резания почвы дисковыми рабочими органами и от величины угла резания ω [7].



а) диск с режущей кромкой по форме дуги логарифмической спирали, б) сплошной сферический диск

Рис. 3 – Дискový рабочий орган

Запишем общее уравнение динамики применительно к нашим схемам, (рисунок 3 а, б):

$$-P_{тяг1} \cdot \cos \alpha \cdot dx_1 + F_{mp} \cdot C_1 D_1' \cdot d\psi + F_{рез1} \cdot \cos \alpha \cdot h \cdot d\psi + \frac{1}{2} \cdot \frac{G_1}{g} \cdot \frac{D^2}{4} \cdot d\psi = 0 \tag{2}$$

$$-P_{тяг2} \cdot \cos \alpha \cdot dx_1 + F_{mp} \cdot C_2 D_2' \cdot d\psi + F_{рез2} \cdot \cos \alpha \cdot h \cdot d\psi + \frac{1}{2} \cdot \frac{G_2}{g} \cdot \frac{D^2}{4} \cdot d\psi = 0 \tag{3}$$

где D – диаметр диска; dx₁ – линейное перемещение системы; dψ – угловое перемещение системы; P_{тяг1} и P_{тяг2} – силы тяги, действующие на первый и второй диски; C₁D₁' и C₂D₂' – плечо силы трения (расстояние от точки приложения силы трения до точки C), для упрощения расчетов будем считать, что силы трения, действующие на диски одинаковы и плечи C₁D₁'=C₂D₂'; F_{рез1} и F_{рез2} – силы резания, действующие на первый и второй диски; h – глубина обработки почвы; G₁ и G₂ – вес вырезного и сплошного дисков

соответственно (в расчетах примем их равными); g – ускорение свободного падения.

Выразив dx₁ через dψ получим

$$dx_1 = \frac{D}{2} \cdot d\psi \tag{4}$$

После подстановки (4) в (2) и (3) и после сокращения dψ получим:

$$-P_{тяг1} \cdot \cos \alpha + F_{mp} \cdot C_1 D_1' + F_{рез1} \cdot \cos \alpha \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \frac{G_1}{g} \cdot \frac{D^2}{4} = 0 \tag{5}$$

$$-P_{тяг2} \cdot \cos \alpha + F_{mp} \cdot C_2 D_2' + F_{рез2} \cdot \cos \alpha \cdot h + \frac{1}{2} \cdot \frac{G_2}{g} \cdot \frac{D^2}{4} = 0 \tag{6}$$

Сила резания действует против направления движения орудия и образует с касательной к дуге окружности или логарифмической спирали угол ω. Силы резания F_{рез1} и F_{рез2} можно разложить на две составляющие: касательную составляющую силы резания, которая направлена по касательной к дугам спирали и окружности F_{p1}, F_{p2}, и нормальную составляющую F_{см1}, F_{см2}. Каждая из составляющих сил F_p и F_{см} создает момент вокруг точки С.

Приравняем левые части уравнений (5) и (6) и получим:

$$-F_{см1} \cdot C_1 L + F_{p1} \cdot k_1 = -F_{см2} \cdot C_2 E_2 + F_{p2} \cdot k_2, \tag{7}$$

где C₁L и C₂E₂ – плечи сил F_{см1} и F_{см2} соответственно; k₁ и k₂ – плечи сил F_{p1} и F_{p2}.

Найдем плечи C₁L и C₂E₂:

$$C_1 L = \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cdot \sin \mu}; C_2 E_2 = \sqrt{Dh - h^2} \tag{8}$$

Выразим плечи сил F_{p1} и F_{p2}:

$$k_1 = LA_1 = C_1 A_1 \cdot \cos \mu = \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cdot \cos \mu}; E_2 A_2 = h = k_2. \tag{9}$$

Подставив (8), (9) в формулу (7) получим:

$$-F_{см1} \cdot \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cdot \sin \mu} + F_{p1} \cdot \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cdot \cos \mu} = -F_{см2} \cdot \sqrt{Dh - h^2} + F_{p2} \cdot h \tag{10}$$

После преобразования получим отношение:

$$\frac{F_{рез1}}{F_{рез2}} = \frac{2 \cdot h \cdot \left(\frac{D}{2} - h\right) - 2 \cdot (Dh - h^2)}{D} \cdot \frac{D}{D} \cdot \frac{1}{\cos \left(\mu - \arccos \left(\frac{\sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh - h^2}}{\rho} \right) \right) \cdot \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cdot \cos \mu} - \sin \left(\mu - \arccos \left(\frac{\sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh - h^2}}{\rho} \right) \right) \cdot \sqrt{\rho^2 - \frac{D^2}{4} + Dh \cdot \sin \mu}} \tag{11}$$

Полученное выражение (11) позволяет нам оптимизировать параметры вырезного сферического диска, вырезы которого выполнены по форме дуги логарифмической спирали с целью снижения силы резания по сравнению с другими формами дисков [8].

В результате опыта по определению влияния раствора концентратов микроорганизмов КМ-104-1 на урожайность

и качество озимой пшеницы были выбраны следующие условия: было выбрано поле в 200 га; раствор концентратов микроорганизмов вносили на 100 га, а другие 100 га являлись фоновым; раствор микроорганизмов концентрацией 2% вносили в расчете 200 л/га. Влияние раствора концентратов микроорганизмов на урожайность и качество озимой пшеницы приведено в таблице 1 [9, 10].

Таблица 1 – Влияние раствора концентратов микроорганизмов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Показатели	Озимая пшеница без внесения раствора концентратов микроорганизмов	Озимая пшеница при внесении раствора концентратов микроорганизмов	Разница
Урожайность озимой пшеницы, ц/га	26	29,7	3,7
Содержание сырой клейковины, %	18,9	24,3	5,4

Были рассчитаны параметры оборудования для внесения раствора КМ 104-1 (табл. 2).

Таблица 2 – Параметры оборудования для внесения КМ 104-1 (дисковая борона 3,5-4 м шириной захвата)

Параметры	Величина
1.Емкость для КМ 104-1, м ³	3
2.Давление воздуха в емкости, МПа	0,12
3.Диаметр выходного отверстия из емкости, мм	5
4.Диаметр сливной трубки, мм	1,3
5.Количество сливных трубок, шт	16
6.Расстояние между трубками, мм	220

Угол атаки дисковых батарей влияет на удельное тяговое сопротивление дисковой бороны. Удельное тяговое сопротивление возрастает при увеличении угла атаки от 9° до 21° (рисунок 4) [8].

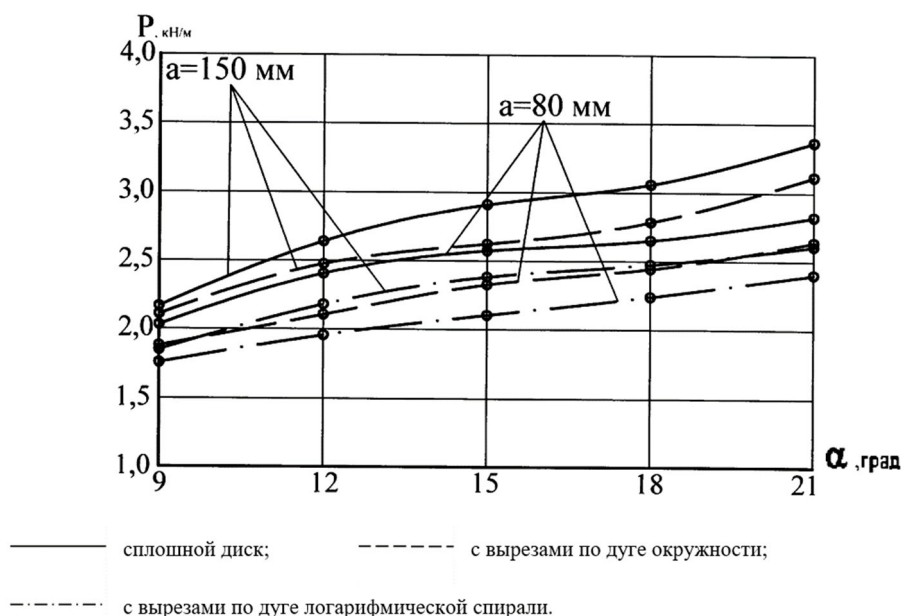


Рис. 4 – Зависимость удельного сопротивления рабочих органов от угла атаки, глубины обработки и типа дисков

Свыше 21° качество обработки почвы ухудшается, а тяговое сопротивление возрастает. Возрастание удельного тягового сопротивления при увеличении угла атаки вызвано тем, что перед дисковыми батареями скапливается почва, которая оказывает дополнительное сопротивление. Оптимальный угол атаки находится в интервале от 12° до 18°. Наименьшее удельное тяговое сопротивление зафиксировано при обработке почвы дисковыми батареями с формой вырезов дисков по дуге логарифмической спирали - 1,65 кН/м.

Глубина обработки почвы зависит от угла атаки (рисунок 5). В результате проведенных опытов было определено,

что с увеличением угла атаки возрастает и глубина обработки почвы [8].

Однако, при повышении рабочей скорости движения глубина обработки почвы уменьшается в связи с выглублением дисковых рабочих органов. Эта зависимость практически пропорциональна и характерна для всех типов рабочих органов. Но диски с вырезами, выполненными по форме дуги логарифмической спирали, лучше врезаются в почву, чем сплошные диски и диски с вырезами по дуге окружности.

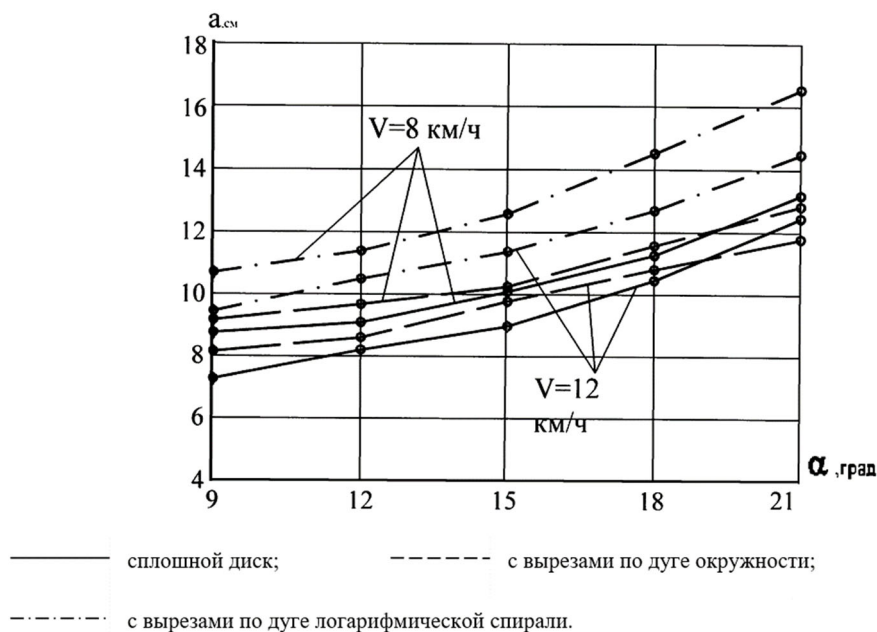


Рис. 5 – Зависимость глубины обработки дисковых рабочих органов от угла атаки, типа дисков и скорости движения

В результате планирования полного факторного эксперимента и оптимизации показателей: степени подрезания растительных остатков δ ($\delta \rightarrow \max$) и удельного тягового сопротивление дисковой бороны P ($P \rightarrow \min$) были получены

оптимальные значения конструктивно-режимных параметров дискового рабочего органа, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оптимальные значения конструктивно-режимных параметров дискового рабочего органа

Наименование фактора	Обозначение фактора	Величина
Диаметр диска, мм	X_1	650 - 680
Число зубьев, шт.	X_2	5 - 7
Коэффициент роста логарифмической спирали кромки зуба	X_3	2 - 3
Угол атаки, °	X_4	10 - 13
Скорость движения, км/ч	X_5	10 - 14
Глубина обработки почвы, мм	X_6	50 - 160
Радиус сферы диска, мм	X_7	620 - 640
Расстояние между дисками в батарее, мм	X_8	200 - 240

Выводы. В современном сельскохозяйственном производстве усиливается направление экологизации и биологизации земледелия. Предложен агрегат, позволяющий проводить основную обработку почвы и внесение концентратов микроорганизмов за один проход.

1. Определены следующие оптимальные значения конструктивно-режимных параметров дискового рабочего органа: диаметр диска – 670 мм; число зубьев – 6; коэффициент роста логарифмической спирали кромки зуба – 2; угол атаки – 12°; скорость движения – 10 км/ч; глубина обработки почвы – 70 мм; радиус сферы диска – 630 мм; расстояние между дисками в батарее – 217 мм.

2. Экспериментально установлены зависимости: удельного сопротивления различных дисковых рабочих органов от угла атаки и глубины обработки; глубины обработки дисковых рабочих органов от типа дисков, скорости движения и угла атаки, при этом минимальное удельное тяговое сопротивление было получено при работе бороны с этими же дисками и составило 1,65 кН/м.

3. Увеличение диаметра диска при уменьшении количества зубьев ведет к снижению степени подрезания растительных остатков. При значениях диаметра диска 660 мм и

количестве зубьев $n=6$ достигается наилучшее подрезание растительных остатков. Необходимо отметить, что при увеличении диаметра диска, нужно увеличивать и число зубьев диска для эффективного подрезания растительных остатков.

Увеличение скорости движения и угла атаки влечет за собой повышение степени подрезания растительных остатков, что было подтверждено опытами.

4. Применение раствора концентратов микроорганизмов КМ 104-1 с концентрацией 2% при внутривспашечном внесении дисковой бороной при подготовке почвы под посев озимой пшеницы оказывает стимулирующее влияние на продуктивность и качество урожая. С увеличением числа зубьев дисков и уменьшением коэффициента роста логарифмической спирали наблюдается некоторое снижение удельного сопротивления дисковой бороны.

5. Удельное сопротивление дисковой бороны с рабочими органами, выполненными по форме дуги логарифмической спирали, до 20% меньше, чем у той же бороны со сплошными дисками и до 8% меньше, чем у бороны с вырезами на дисках по дуге окружности.

Библиография

1. Лукин С.В. О выполнении программы биологизации земледелия в Белгородской области // Вестник Российской сельскохозяйственной науки: научно-теоретический журнал, 2018. № 4. – С. 41-44.

2. Цветков М.Л., Лысенко Л.М. Элементы биологизации в земледелии Алтайского края: монография. – Барнаул : АЗБУКА, 2019. – 195 с.
3. Мазитов Н.К. Ресурсосберегающие почвообрабатывающие машины. – Казань : Казанский ГАУ, 2003. – 456 с.
4. Сельскохозяйственные машины / Ю.В. Саенко [и др.]. Майский : Белгородский ГАУ, 2021. – 435 с.
5. Бледных В.В. Устройство, расчет и проектирование почвообрабатывающих орудий: Учебное пособие, Челябинск : ЧГАА, 2010. – 214 с.
6. Булавин С.А., Любин В.Н., Рыжков А.В. Комплексы машин для возделывания и уборки сахарной свеклы в условиях биологизации земледелия Белгородской области // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2013. № 6. С. 29-31.
7. Константинов М.М., Дроздов С.Н. Снижение тягового сопротивления комбинированных широкозахватных машин // Тракторы и сельхозмашины, 2013. № 6. – С. 34-36.
8. Булавин С.А., Любин В.Н., Рыжков А.В. и др. Сельскохозяйственная техника Белогорья // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2010. № 1. С. 39-42.
9. Чехунов О.А., Рыжков А.В. Установка для приготовления раствора удобрений // Инновации в АПК, 2020. № 4 (28). – С. 95-105.
10. Мерзлая Г.Е. Эффективность длительного применения биологизированных систем удобрения // Агрохимия, 2018. № 10. – С. 27-33.

References

1. Lukin S.V. O vypolnenii programmy biologizatsii zemledeliya [On the implementation of the program of biologization of agriculture in the Belgorod region] // Vestnik Rossiiskoi selskhozaystvennoi nauki: nauchno-teoreticheskiy zhurnal, 2018. № 4. – S. 41-44.
2. Tsvetkov M.L., Lysenko L.M. Elementy biologizatsii v zemledelii Altayskogo kraia [Elements of biologization in agriculture of the Altai Territory: monograph]. – Barnaul : AZBUKA, 2019. – 195 s.
3. Mazitov N.K. Resursosberegayushie pochvoobrabatavayushie mashiny [Resource-saving tillage machines]. – Kazan : Kazanskiy GAU, 2003. – 456 s.
4. Sel'skhozoyistvennye mashiny [Agricultural machines] / Yu.V. Saenko [i dr.]. Mayskiy : Belgorodskiy GAU, 2021. – 435 s.
5. Blednyh V.V. Ustroystvo, raschet i proektirovanie pochvoobrabatavayushih orudiy [Device, calculation and design of tillage tools: Textbook], Chelyabinsk : CHGAA, 2010. – 214 s.
6. Bulavin S.A., Lyubin V.N., Ryzhkov A.V. Kompleksy mashin dlya vozdelvaniya i uborky sahar moy svekly v usloviyah biologizatsii zemledeliya Belgorodskoy oblasti [Complexes of machines for cultivating and harvesting sugar beet in the conditions of biologization of agriculture in the Belgorod region] // Sel'skhozoyistvennye mashiny i tehnologii, 2013. № 6. S. 29-31.
7. Konstantinov M.M., Drozdov S.N. Snizhenie tyagovogo soprotivleniya kombinirovannykh shirokoxahvatnykh mashin [Reduction of traction resistance of combined wide-reach machines] // Traktor i sel'hoz mashiny, 2013. № 6. – S. 34-36.
8. Bulavin S.A., Lyubin V.N., Ryzhkov A.V. i dr. Sel'skhozoyistvennaya tehnika Belogor'ya [Agricultural machinery of Belogorye] // Sel'skhozoyistvennye mashiny i tehnologii, 2010. № 1. S. 39-42.
9. Chekhunov O.A., Ryzhkov A.V. Ustanovka dlya prigotovleniya rastvora udobreniy [Installation for the preparation of fertilizer solution] // Innovatsii v APK, 2020. № 4 (28). – S. 95-105.
10. Merzlaya G.E. Effektivnost' dlitel'nogo primeneniya biologizirovannykh sistem udobreniya [The effectiveness of long-term use of biologized fertilizer systems] // Agrohimiya, 2018. № 10. – S. 27-33.

Сведения об авторах

Рыжков Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8(4722) 38-19-48, e-mail: ryzhkovbgsha@yandex.ru;

Мачкарин Александр Викторович кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8(4722) 38-19-48, e-mail: machkarin@mail.ru.

Information about authors

Ryzhkov Andrey Vladimirovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of Department of machinery and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Mayskiy p., Bel-urban district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8(4722) 38-19-48, e-mail: ryzhkovbgsha@yandex.ru;

Machkarin Alexander Viktorovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of Department of machinery and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Mayskiy p., Bel-urban district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8(4722) 38-19-48, e-mail: machkarin@mail.ru.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЕМЯН ОТ ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ

Аннотация. Растениеводство относят к ключевым отраслям сельскохозяйственного производства. На качество полученного урожая оказывают влияние ряд физических и биологических факторов. Обработка семян перед посевом относится к одному из доступных и эффективных методов повышения посевных качеств сельскохозяйственных культур. В научной литературе достаточно сведений о положительном действии электрофизической обработки на семена. Для этого используют: СВЧ поля, ИК излучение, электрический ток, ультразвук и т.д. Одним из направлений по использованию ультрафиолетового излучения также является обработка семян перед посевом. Представленные на сегодняшний день конструкции установок для УФ обработки семян перед посевом имеют ряд недостатков: низкая производительность, отсутствует контроль дозы облучения, низкая равномерность облучения. Приведены результаты исследований по применению УФ излучения для обработки семян перед проращиванием. Представлена конструкция установки для УФ обработки семян, которая позволяет механизировать и автоматизировать процесс обработки семян повысить производительность и равномерность обработки. На основе проведенных экспериментальных исследований получены регрессионные уравнения для оценки влияния удельной мощности УФ облучения ($Вт/м^2$) и продолжительность УФ облучения ($с$) на общее число микробных клеток на поверхности сои. Установлено, что результат обработки определяется взаимосвязью обоих воздействующих факторов. Согласно полученным данным, максимальная эффективность ультрафиолетовой обработки при продолжительности УФ облучения от 30 до 90 с отмечается на режимах с максимальной удельной мощностью УФ облучения $9 Вт/м^2$. При этом общее число микробных клеток на поверхности сои по сравнению с контролем снизилось в 17-20 раз.

Ключевые слова: предпосевная обработка, УФ обработка, микробная обсеменённость.

RESULTS OF RESEARCH ON THE USE OF ULTRAVIOLET RADIATION FOR SURFACE DISINFECTION OF SEEDS FROM PATHOGENIC MICROFLORA

Abstract. Crop production belongs to the key branches of agricultural production. The quality of the resulting crop is influenced by a number of physical and biological factors. Seed treatment before sowing refers to one of the available and effective methods of improving the sowing qualities of agricultural crops. There is enough information in the scientific literature about the positive effect of electrophysical treatment on seeds. To do this, use: microwave fields, IR radiation, electric current and ultrasound, etc. One of the directions for the use of ultraviolet radiation is also the treatment of seeds before sowing. The designs of plants for UV seed treatment before sowing presented to date have a number of disadvantages: low productivity, lack of radiation dose control, low uniformity of irradiation. The results of studies on the use of UV radiation for seed treatment before germination are presented. The design of the UV seed treatment plant is presented, which allows mechanizing and automating the seed treatment process to increase productivity and uniformity of processing. Based on the conducted experimental studies, regression equations were obtained to estimate the effect of the specific power of UV irradiation (W/m^2) and the duration of UV irradiation (s) on the total number of microbial cells on the surface of soybeans. It is established that the result of processing is determined by the relationship of both influencing factors. According to the data obtained, the maximum efficiency of UV treatment with a duration of UV irradiation from 30 to 90 seconds is observed in modes with a maximum specific UV irradiation power of $9 W/m^2$. At the same time, the total number of microbial cells on the surface of soy decreased by 17-20 times compared to the control.

Keywords: pre-sowing treatment, UV disinfection, microbial contamination.

Введение. Растениеводство относят к ключевым отраслям сельскохозяйственного производства. На качество полученного урожая оказывают влияние ряд физических и биологических факторов. Обработка семян перед посевом относится к одному из доступных и эффективных методов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. При этом используют различные технологические приемы и технические средства, направленные на сортировку семенной массы, а также обработку различными препаратами с целью обеззараживания и стимуляции роста. Не исключением являются и физические (электрофизические) способы обеззараживания и улучшения посевных свойств семян и зерна. Для этого используют: СВЧ поля, ИК и УФ излучение, электрический ток и ультразвук и т.д. [1-4].

Следует отметить, что несмотря на определенную эффективность электрофизических способов повышения посевных свойств семян полностью исключить применение средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений нельзя. На настоящее время они являются широко применяемыми средствами.

В то же время эффективность применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений со временем снижается из-за повышения устойчивости (резистентности) микроорганизмов к действию химических средств. А это приводит к увеличению объемов и доз препаратов для достижения положительного результа-

та. Отметим также, что положительные результаты применения энергии оптического излучения ультрафиолетового спектра при обеззараживании и стимуляции ростовых процессов дают основание для разработки новой технологии, совмещающей преимущества средств химической и биологической защиты с преимуществами электрофизического метода УФ обработки.

В общем случае новая технология с применением средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений предполагает предварительную обработку семян энергией оптического излучения ультрафиолетового спектра с последующей обработкой традиционными средствами защиты. Предварительная УФ обработка семян с целью обеззараживания обеспечивает частичное уничтожение вредной микрофлоры и снижение резистентности оставшейся ее части.

За счет своей простоты этот метод может применяться повсеместно, а для его реализации можно использовать существующие технические средства и технологии химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений. Задача состоит в разработке эффективных средств для УФ обработки семян на первом этапе обработки.

Представленные на сегодняшний день конструкции установок для предпосевной обработки семян УФ облучением имеют ряд недостатков: низкая производительность, отсутствует контроль дозы облучения семян, не учитывает-

ся равномерность облучения семян. Наличие вышеуказанных недостатков обуславливает необходимость искать новые технологии и конструктивные решения эффективных установок для УФ обработки семян [5-9].

Исходя из общей цели – повышения эффективности средств химической защиты сельскохозяйственных растений, целью настоящих исследований является: разработка эффективной конструкции установки, обеспечивающей равномерность обработки объема семян УФ излучением с учетом требуемой производительности на операцию по подготовке семян к посеву.

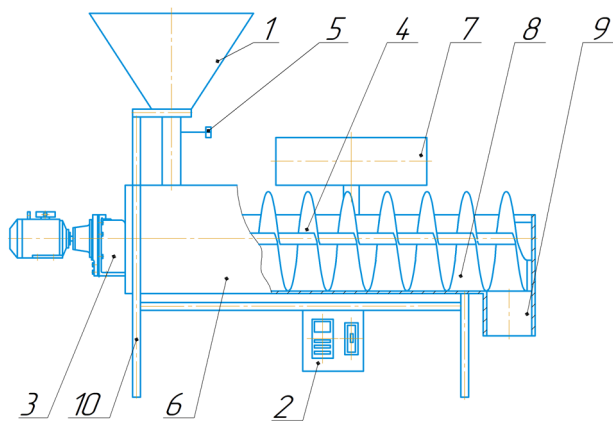
Ниже представлены результаты исследований по применению УФ излучения для поверхностного обеззараживания семян сои от патогенной микрофлоры.

Основные результаты. Исследования проводили с целью изучения возможности поверхностного обеззараживания семян от плесени и грибков и оценки влияния режимов ультрафиолетового облучения на снижение общей микробной обсемененности на поверхности семян сои.

Как указывалось ранее, положительные результаты применения энергии оптического излучения ультрафиолетового спектра при обеззараживании и стимуляции ростовых процессов дают основание для разработки новой технологии, совмещающей преимущества средств химической и биологической защиты с преимуществами электрофизического метода УФ обработки.

Установка для УФ обработки семян. В Белгородском ГАУ для УФ обработки семян разработана установка, конструкция которой представлена на рисунке 1.

Устройство состоит из бункера-дозатора 1 для загрузки семенного материала. Бункер-дозатор 1 установлен на раме 10 над шнеком 4. Для возможности вращения шнека 4 на раме 10 предусмотрен электропривод 3. Крутящий момент от электропривода 3 до шнека 4 передается через двухступенчатый червячный редуктор. Рабочим органом для перемещения обрабатываемого слоя семян выступает шнек 4. Шнек 4 помещен в кожух 6. Кожух 6 выполнен из материала способного отражать УФ облучение. Над кожухом 6 установлена УФ лампа 7. Доза облучения семян изменяется за счет регулировки числа оборотов шнека 4. Поток излучения от УФ лампы 7 поступает на обрабатываемый материал [10].



1 – бункер; 2 – пульт управления; 3 – электропривод; 4 – шнек; 5 – дозирующая заслонка; 6 – кожух; 7 – УФ лампа с отражателем; 8 – отражающее покрытие; 9 – отсек выгрузки; 10 – рама

Рис. 1 – Устройство для ультрафиолетовой обработки семян

Техническое решение в виде вращающегося шнека 4 обеспечивает постоянное изменение ориентации семян по отношению к УФ лампе 7. Для создания потока УФ излучения в установке использовалась ультрафиолетовая лампа мощностью 36 Вт производителя Uniel с длиной волны в спектре 253,7 нм. Удельная мощность лампы $P_{уд}=30 \text{ Вт/м}^2$.

Параметры устройства для ультрафиолетового облучения семян представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики устройства для ультрафиолетовой обработки семян перед проращиванием

Наименование параметров	Единицы измерения	Численные значения
Тип шнека	-	однозаходный
Частота вращения	мин ⁻¹	0,6-2,2
Производительность	кг/ч	34-36
Мощность УФ лампы	Вт	36
Мощность электродвигателя	кВт	0,09
Размеры габаритные	мм	850x280x490
Масса	кг	42
Характер работы установки	-	круглосуточно
Мощность на валу винта	кВт	0,015

Работу предложенного устройства для ультрафиолетовой обработки семян проверяли следующим образом. Семена, подготовленные к обеззараживанию, загружали в бункер устройства для ультрафиолетовой обработки (рис. 1). Выставляли необходимую частоту вращения шнека. Открытием дозирующей заслонки осуществляли подачу семян в кожух со шнеком для обработки ультрафиолетовым излучением. Семена поступали в шнек и по кожуху перемещались до зоны облучения.

Рассмотренное устройство позволит механизировать процесс УФ обработки семян перед посевом, повысить производительность и равномерность облучения. На сегодняшний день в научной литературе нет однозначного подхода относительно выбора доз УФ облучения семян. Выбор режимов обработки зависит как от вида растений, целей их выращивания, а также от ряда других факторов, среди которых большую роль играют оптические свойства растений.

Результаты экспериментальных исследований. Экспериментальные исследования предполагали выявление взаимосвязи между параметрами УФ обработки и эффективностью поверхностного обеззараживания семян. В качестве объекта экспериментальных исследований использовались зерна сои сорта «Нежеголь».

В качестве основных варьируемых воздействующих факторов при проведении экспериментальных исследований были определены: удельная мощность УФ облучения (Вт/м^2) и продолжительность УФ облучения (с). В качестве функции отклика оценивали общее количество микробных клеток (КОЕ/г) после обработки. Для возможности регрессионного анализа результатов эксперимента обработка образцов проводилась в соответствии с планом Коно для 2-х факторного эксперимента [6]. Кодированные значения и интервал варьирования воздействующих факторов приведены в таблице 2. Исследования проводились в 4-х кратной повторности в каждой из 4-х точек плана эксперимента.

Таблица 2 – Факторы, влияющие на параметры оптимизации

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
		-1	0	1	
X1	Удельная мощность УФ облучения, Вт/м ²	3	6	9	3
X2	Продолжительность УФ облучения, сек	30	60	90	30

В результате проведения экспериментальных исследований были получены исходные данные для оценки влияния режимов ультрафиолетовой обработки на общую мик-

робную обсемененность на поверхности семян. Количество точек плана эксперимента, значения воздействующих факторов в таблице 3.

Таблица 3 – Матрица плана и результаты эксперимента

№ опыта	x1	x2	Общее количество микробных клеток, 10 ³ КОЕ/г
1	-1	-1	1,79
2	1	-1	0,38
3	-1	1	1,95
4	1	1	0,31
5	0	0	1,0
6	контроль	-	34,0

Воспроизводимость опытов оценивалась с использованием критерия Кохрена при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. Расчетное значение критерия Кохрена $G_{расч}=0,39$ не превышало допустимых значений $G_{0,05}=0,68$ ($0,39 \leq 0,68$).

Реализация плана Коно первого порядка для 2-х факторного эксперимента позволила получить регрессионную зависимость между функцией отклика и воздействующими факторами. Полученное регрессионное уравнение в кодированных переменных имеет вид:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{12}X_1X_2, \quad (1)$$

где X_1 – удельная мощность УФ облучения, о.е. ($-1 \leq X_1 \leq +1$), X_2 – продолжительность УФ облучения, о.е. ($-1 \leq X_2 \leq +1$);

$B_0=1,12, B_1=-0,76, B_2=0,02, B_{12}=-0,06$ – значения коэффициентов регрессионного уравнения.

Значимость коэффициентов проверялась по критерию Стьюдента ($t_{кр}$) при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. Коэффициент B_2 является менее значимым по сравнению с остальными.

Адекватность модели оценивалась по критерию Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$. Расчетное значение критерия Фишера $F_{расч}=0,1$ не превышало допустимых значений $F_{0,05}=4,75$ ($0,1 \leq 4,75$).

Ниже на рисунках 2 и 3 представлены расчетные поверхности общего количества микробных клеток (КОЕ/г) на поверхности сои в зависимости от натуральных значений удельной мощности УФ облучения (Вт/м²) и продолжительность УФ облучения (с).

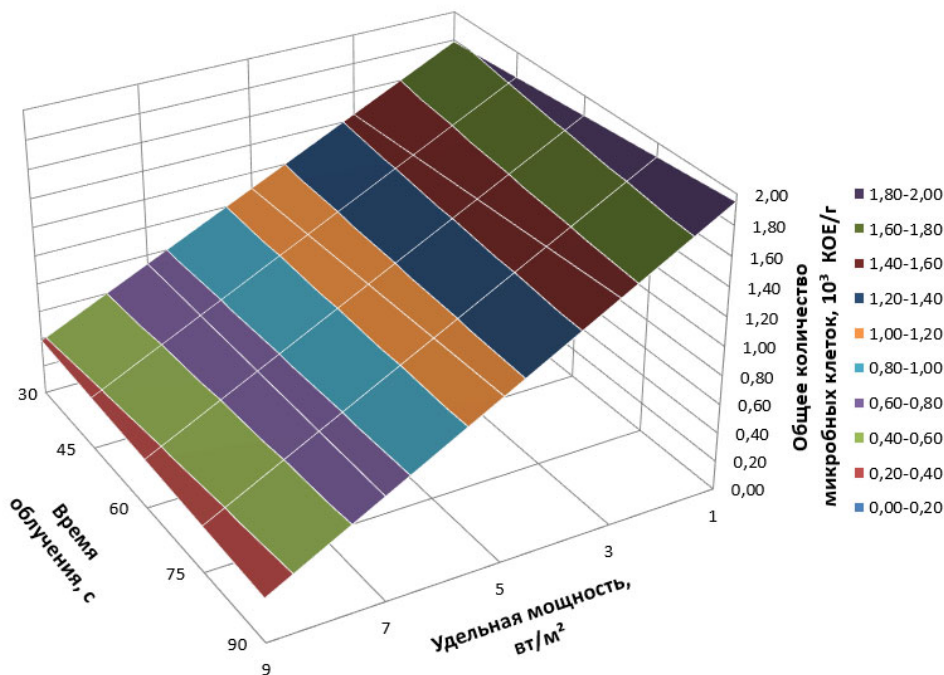


Рис. 2 – Изменение общего числа микробных клеток на поверхности сои в зависимости от натуральных значений удельной мощности УФ облучения и продолжительности УФ облучения

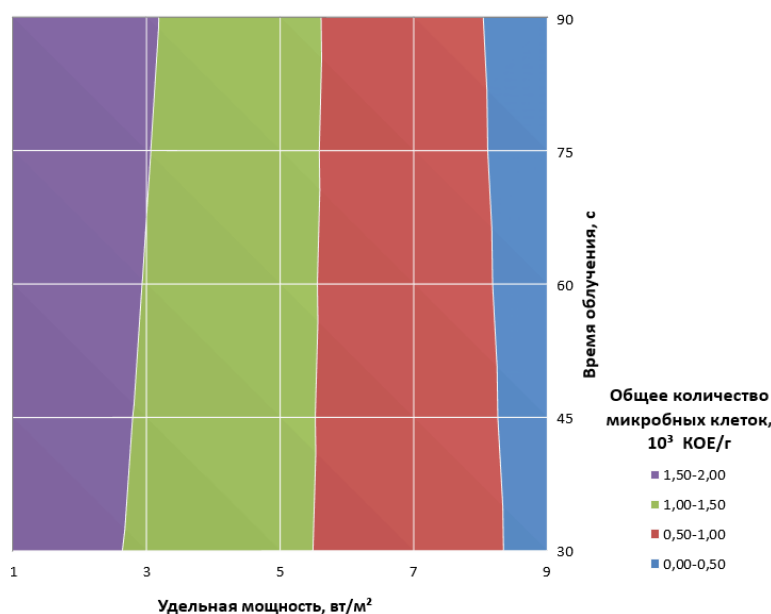


Рис. 3 – Проекция изолиний изменения общего числа микробных клеток на поверхности сои в зависимости от натуральных значений удельной мощности УФ облучения и продолжительности УФ облучения

Согласно полученным данным, в области изменения воздействующих факторов отмечается тенденция снижения числа микробных клеток на поверхности сои после обработки с увеличением удельной мощности УФ облучения ($\text{Вт}/\text{м}^2$) и продолжительности УФ облучения (с). При этом влияние величины удельной мощности УФ облучения более значимо. Это необходимо учитывать при выборе экспозиции для обеззараживания. Максимальная эффективность ультрафиолетовой обработки при продолжительности УФ облучения от 30 до 90 секунд отмечается на режимах с максимальной удельной мощностью УФ облучения $9 \text{ Вт}/\text{м}^2$. При этом общее число микробных клеток на поверхности сои по сравнению с контролем снизилось в 17-20 раз. Достигнутый результат свидетельствует о высокой эффективности УФ обработки, но он не достигает 100% результата, который можно обеспечить на 2 стадии обеззараживания с применением химических средств.

Заключение. На основании приведенных данных можно сделать следующие выводы:

- 1) по результатам экспериментальных исследований по применению УФ излучения для обеззараживания семян перед посевом установлено, что для производства следует рекомендовать режим с удельной мощностью УФ облучения $9 \text{ Вт}/\text{м}^2$ и минимальной продолжительности УФ облучения 30 с;
- 2) согласно предварительной технико-экономической оценке, удельные энергетические показатели на обработку в пересчете на потребление электроэнергии составят от $1,16 \cdot 10^{-4} \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ до $2,25 \cdot 10^{-4} \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, при этом окончательные расчеты могут быть уточнены с учетом производительности при обработке;
- 3) реализация данных рекомендаций позволит снизить общее число микробных клеток на поверхности сои по сравнению с контролем в 17-20 раз.

Библиография

1. Походня Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: Сборник трудов научной школы профессора Г.С. Походни (Специальный выпуск № 2: Использование проращенного зерна в рационах свиней) Под общей редакцией Г.С. Походни. – Белгород : Издательство БелГСХА, 2009. 68 с.
2. Свиноводство и технология производства свинины: учебник / А.Ф. Пономарев [и др.]. Белгород : Изд-во «Крестьянское дело», 2001. 492 с.
3. Вендин С.В., Саенко Ю.В. Проращивание семян ячменя на витаминный корм свиноматкам и поросятам-отъемышам // Кормопроизводство. 2011. № 11. С. 42-44.
4. Конвейерная установка для проращивания зерна: пат. 2698138 Рос. Федерация 2018145178 / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, Г.С. Походня, В.Ю. Страхов.; заявл. 18.12.2018; опубл. 22.08.2019, Бюл. № 24. 9 с.
5. Юдаев И.В. Выращивание листового салата в светодиодной облучательной камере // Сельский механизатор 2017. № 1. С. 20-21.
6. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Страхов В.Ю. Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности применения УФ облучения, СВЧ обработки и искусственного освещения при проращивании зерна пшеницы и ячменя на витаминный корм // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 2. С. 42-50.
7. Кондратьева Н.П., Краснолуцкая М.Г. Ильясов И.Р. Результаты опытов по влиянию УФ облучения на семена, из которых выращивается зеленый корм на гидропонике // Агротехника и энергообеспечение. 2016. № 4-2 (13). С. 6-14.
8. Сафаралихонов А.Б., Акназаров О.А. Влияние предпосевого УФ-облучения семян пшеницы на её рост, продуктивность и активность эндогенных регуляторов роста растений // Доклады академии наук республики Таджикистан. Физиология растений Том 54. 2011. № 8. С. 666-671.
9. Рогожин Ю.В., Рогожин В.В. Технология предпосевого УФ-облучения зерна пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 6. С. 9-14.
10. Устройство для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием: пат. 2728184 Рос. Федерация 2019131990 / Ю.В. Саенко, Г.С. Походня, А.Н. Макаренко, В.Ю. Страхов.; заявл. 09.10.2019; опубл. 28.07.2020, Бюл. № 22. 6 с.

References

1. Pohodnya G.S. Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva svininy [Pig breeding and pork production technology]: Sbornik trudov nauchnoj shkoly professora G.S. Pohodni (Special'nyj vypusk № 2: Ispol'zovanie prorashchennogo zerna v racionalah svinej) Pod obshchej redakciej G.S. Pohodni. – Belgorod : Izdatel'stvo BelGSKHA, 2009. 68 s.
2. Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva svininy: uchebnyk [Pig breeding and pork production technology] / A.F. Ponomarev [i dr.]. Belgorod : Izd-vo «Krest'yanskoe delo», 2001. 492 s.
3. Vendin S.V., Saenko Y.V. Prorashchivanie semyan yachmenya na vitaminnyj korm svinomatkam i porosyatam-ot"emysham [Germination of barley seeds for vitamin feed for sows and wean pigs] // Kormoproizvodstvo. 2011. № 11. S. 42-44.
4. Konvejernaya ustanovka dlya prorashchivaniya zerna [Conveyor system for grain germination]: pat. 2698138 Ros. Federaciya 2018145178 / S.V. Vendin, Y.V. Saenko, G.S. Pohodnya, V.Y. Strahov.; zayavl. 18.12.2018; opubl. 22.08.2019, Byul. № 24. 9 s.
5. Ydaev I.V. Vyrashchivanie listovogo salata v svetodiodnoj obluchatel'noj kamere [Growing lettuce in an led irradiation chamber] // Sel'skij mekhanizator 2017. № 1. S. 20-21.
6. Vendin S.V., Saenko Y.V., Strahov V.Y. Rezul'taty eksperimental'nyh issledovanij po ocenke effektivnosti primeneniya UF oblucheniya, SVCH obrabotki i iskusstvennogo osveshcheniya pri prorashchivanii zerna pshenicy i yachmenya na vitaminnyj korm [Results of experimental studies to evaluate the effectiveness of UV irradiation, microwave treatment and artificial lighting in the germination of wheat and barley grains for vitamin feed] // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2019. № 2. S. 42-50.
7. Kondrat'eva N.P., Krasnoluckaya M.G. Il'yasov I.R. Rezul'taty opytov po vliyaniyu UF oblucheniya na semena, iz kotoryh vyrashchivaetsya zelenyj korm na gidroponike [Results of experiments on the effect of UV radiation on seeds from which green food is grown on hydroponics] // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2016. № 4-2 (13). S. 6-14.
8. Safaralixonov A.B., Aknazarov O.A. Vliyanie predposevnogo UF-oblucheniya semyan pshenicy na eyo rost, produktivnost' i aktivnost' endogennyh regulyatorov rosta rastenij [Effect of pre-sowing UV irradiation of wheat seeds on its growth, productivity and activity of endogenous plant growth regulators] // Doklady akademii nauk respubliki Tadjikistan. Fiziologiya rastenij. Tom 54. 2011. № 8. S. 666-671.
9. Rogozhin Y.V., Rogozhin V.V. Tekhnologiya predposevnogo UF-oblucheniya zerna pshenicy [Technology of pre-sowing UV irradiation of wheat grain] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 6. S. 9-14.
10. Ustrojstvo dlya ul'trafioletovoj obrabotki zerna pered prorashchivaniem [Device for UV treatment of grain prior to sprouting]: pat. 2728184 Ros. Federaciya 2019131990 / Y.V. Saenko, G.S. Pohodnya, A.N. Makarenko, V.Y. Strahov.; zayavl. 09.10.2019; opubl. 28.07.2020, Byul. № 22. 6 s.

Сведения об авторах

Страхов Владимир Юрьевич, преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7-4722-39-11-36, e-mail: strakhov.94@list.ru;

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7-4722-39-11-36, e-mail: elapk@mail.ru.

Information about authors

Strakhov Vladimir Yuryevich, teacher, department of electrical equipment and electrotechnology in agro-Industrial complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, p. Maysky, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +7-4722-39-12-80, e-mail: strakhov.94@list.ru;

Vendin Sergey Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of the department of electrical equipment and electrotechnologies in agroindustrial complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, Maysky settlement, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +7-4722-39-11-36, e-mail: elapk@mail.ru.

УДК 629.054

Е.П. Тимашов, В.И. Вергун

АЛГОРИТМ ВЕРИФИКАЦИИ АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ ТРЕНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена повышенными требованиями к ресурсосбережению и показателям надежности транспортных и технологических машин. Важное место в комплексе мероприятий технического обслуживания и ремонта занимает техническая диагностика. Технология цифровой термодиагностики узлов механических трансмиссий требует обеспечения контролепригодности узлов и их применимости к автоматическому диагностированию. Цифровая термодиагностика основана на использовании моделей тепловыделения в узлах трения при их работе. Результаты исследований, произведенных разными авторами, показывают, что для подшипниковых узлов критерием предотказного состояния является достижение температуры в зоне трения в 215...250°C. Произведенные ранее исследования температуры в зоне трения подшипниковых узлов показали, что теоретическая величина температуры в зоне трения находится в пределах 85...170°C, результаты стендовых и эксплуатационных испытаний показали диапазон температуры в зоне трения 70...163°C. Выработан критерий применимости аналитической модели температуры в зоне трения – выполнение двух условий: 1) температура не должна превышать 250°C; 2) температура должна находиться в пределах 70...250°C. Алгоритм верификации аналитических моделей температуры в зоне трения подшипниковых узлов использует следующие исходные данные: верифицируемая модель, комплекс конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, а также конструктивные размеры валов и механических передач, необходимые для вычисления реакций опор вала – нагрузки на подшипник. В алгоритме учитываются кинематические схемы и изменения нагрузочных режимов, например, при изменении передаточного числа трансмиссии. Практическая отработка алгоритма на заднем шариковом подшипнике 50412 вторичного вала коробки перемены передач автомобиля КАМАЗ-53212 показала применимость выбранной модели. Результаты расчетов показали величину температуры в зоне трения 162,9...185,1°C, что соответствует условиям критерия применимости аналитической модели и коррелирует с результатами других исследований.

Ключевые слова: алгоритм, контролепригодность, надежность, подшипник, термодиагностика, трансмиссия.

VERIFICATION ALGORITHM OF ANALYTICAL MODELS OF TEMPERATURE IN FRICTION ZONE OF BEARING UNITS

Abstract. The relevance of the study is due to increased requirements for resource saving and reliability indicators of transport and technological machines. An important place in the complex of maintenance and repair measures is occupied by technical diagnostics. The technology of digital thermal diagnostics of mechanical transmission units requires ensuring the controllability of units and their applicability to automatic diagnostics. Digital thermal diagnostics are based on the use of heat emission models in friction units during their operation. The results of studies carried out by different authors show that for bearing assemblies, the criterion for the pre-failure state is to reach a temperature in the friction zone of 215...250°C. Earlier studies of the temperature in the friction zone of bearing assemblies showed that the theoretical temperature value in the friction zone is within 85...170°C, the results of bench and operational tests showed a temperature range in the friction zone of 70... 163°C. The criterion for the applicability of the analytical model of temperature in the friction zone has been developed – the fulfillment of two conditions: 1) the temperature should not exceed 250°C; 2) the temperature should be within 70...250°C. The algorithm for verification of analytical models of temperature in the friction zone of bearing units uses the following initial data: the verified model, a complex of design, technological and operational factors, as well as the design dimensions of shafts and mechanical gears necessary for calculating the reactions of shaft supports – load on the bearing. The algorithm takes into account kinematic schemes and changes in load modes, for example, when changing the transmission gear ratio. Practical development of the algorithm on the rear ball bearing 50412 of the secondary shaft of the gearbox of the car KAMAZ-53212 showed the applicability of the selected model. The results of calculations showed the temperature value in the friction zone 162.9...185.1°C, which meets the criteria for the applicability of the analytical model, and correlates with the results of other studies.

Keywords: algorithm, controllability, reliability, bearing, thermal diagnostics, transmission.

Введение. Актуальность программы продовольственной безопасности Российской Федерации формирует повышенные требования к ресурсосбережению и показателям надежности транспортных и технологических машин [1-4]. На обеспечение долговечности, безотказности, ремонтнопригодности и сохраняемости направлен комплекс мероприятий технического обслуживания и ремонта. Важное место здесь занимает техническая диагностика [5-10]. Разработанная технология цифровой термодиагностики узлов механических трансмиссий направлена на обеспечение контроля технического состояния большинства узлов в автоматическом режиме [11].

Одним из ключевых этапов реализации указанной технологии является обеспечение контролепригодности диагностируемого узла трансмиссии. При этом необходимо использовать аналитические модели, позволяющие рассчитать теоретическое значение установившейся температуры в зоне трения в зависимости от конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов [12]. Верификация

таких моделей для разных узлов производилась по результатам стендовых и эксплуатационных испытаний [13].

Материал и методы. Результаты исследований, произведенных разными авторами, показывают, что для подшипниковых узлов критерием предотказного состояния является достижение температуры в зоне трения в 215...250°C [14]. Проектирование любого подшипникового узла предусматривает такие конструктивные, технологические и эксплуатационные параметры, которые обеспечат его долговечность. Исходя из этого, можно предположить, что температура в зоне трения любого работающего подшипникового узла в нормальном режиме должна быть приблизительно одинакова.

Произведенные ранее исследования температуры в зоне трения подшипниковых узлов показали, что теоретическая величина температуры в зоне трения находится в пределах 85...170°C, результаты стендовых испытаний и эксплуатационных наблюдений показали диапазон 70...163°C [15, 16]. Таким образом, критерием применимости аналитической модели температуры в зоне трения мо-

жет служить выполнение двух условий: 1) температура не должна превышать 250°C; 2) температура должна находиться в пределах 70...250°C.

Цель исследования состоит в разработке эффективно-го алгоритма верификации аналитических моделей температуры в зоне трения для обеспечения контролепригодности подшипниковых узлов и реализации технологии цифровой термодиагностики.

Результаты исследования и обсуждения. Модели температуры в зоне трения разрабатывались такими иссле-

дователями как Х. Блок, М.П. Левицкий, И.Я. Альшиц, И.В. Крагельский, А.Д. Дубинин. Однако, полученные модели применимы к расчету подшипников скольжения, роликовых подшипников качения. В проведенном исследовании применялась условная модель для радиальных шариковых подшипников [15]. Суть условной модели заключается в приведении размеров шарикоподшипника к размерам для модели подшипника скольжения. На рисунке 1 показан принцип такого приведения.

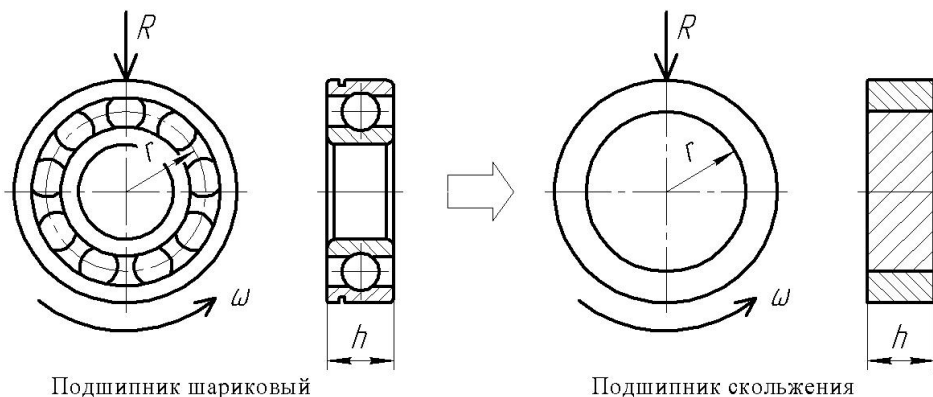


Рис. 1 – Приведение размеров шарикоподшипника к размерам подшипника скольжения

Модель температуры в зоне трения в виде функционала имеет следующий вид:

$$\Theta_F = \prod \left[\begin{matrix} f_K(\delta, f, \lambda, \alpha, h, r, k_n, \rho, c, a) \\ f_T(\lambda_D) \\ f_{\omega}(R, \omega) \end{matrix} \right], \quad (1)$$

где Θ_F – температура в зоне трения; f_K – функция от конструктивных параметров; f_T – функция от технологических параметров; f_{ω} – функция от эксплуатационных параметров; δ – коэффициент распределения теплоты между трущимися телами; f – коэффициент трения; λ – теплопроводность; α – коэффициент теплоотдачи поверхности; h – высота под-

шипника, r – радиус подшипника; k' – коэффициент пропорциональности; ρ – плотность материала; c – удельная теплоемкость; a – коэффициент температуропроводности; λ_D – длина волны неровностей на трущейся поверхности; R – нагрузка на подшипник, ω – угловая скорость вращения.

На рисунке 2 представлен алгоритм верификации аналитических моделей температуры в зоне трения подшипниковых узлов. Исходные данные алгоритма – верифицируемая модель, комплекс конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, а также конструктивные размеры валов и механических передач, необходимые для вычисления реакции опор вала – нагрузки на подшипник.

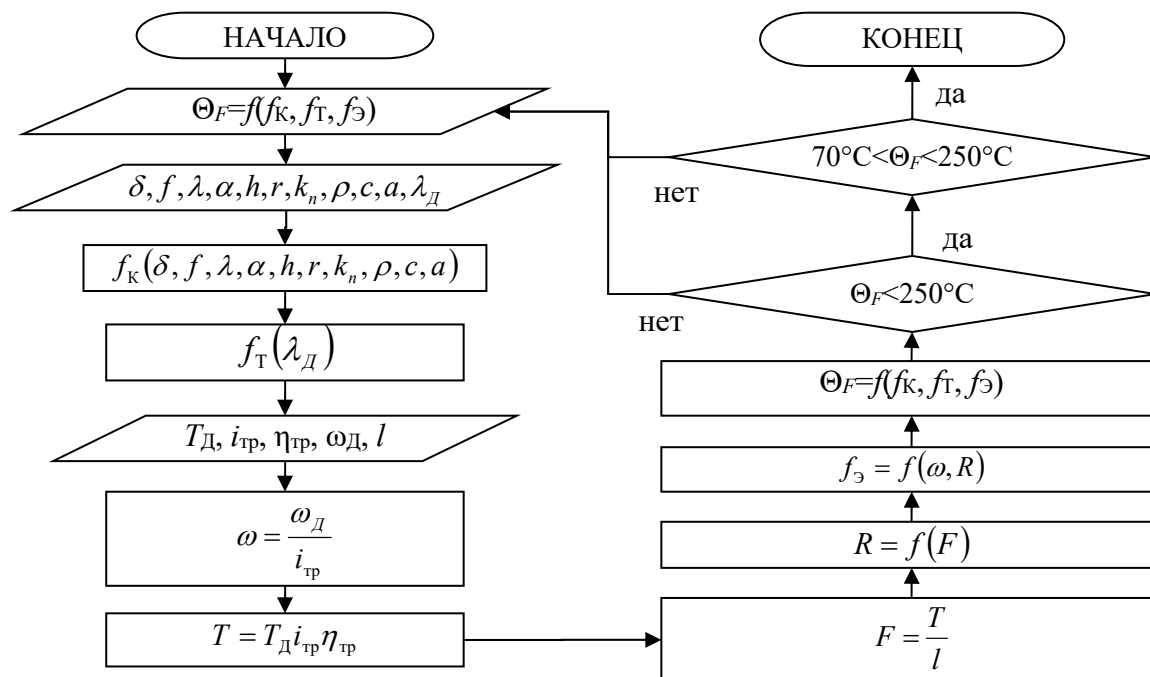


Рис. 2 – Алгоритм верификации аналитических моделей температуры в зоне трения подшипниковых узлов

Для аналитической модели температуры в зоне трения в алгоритм вводят конструктивные факторы подшипника, включающие радиус r и высоту h . К технологическим факторам относятся длина волны неровностей на трущейся поверхности λ_d , которая определяется по требованиям нормативных регламентов для изделия.

Для определения эксплуатационных факторов – нагрузки на подшипник и угловой скорости вращения необходимо использовать кинематическую схему трансмиссии и величины крутящего момента двигателя T_d и угловой скорости его коленчатого вала ω_d . Для определения угловой скорости подшипника используют формулу:

$$\omega = \frac{\omega_d}{i_{тр}}, \quad (2)$$

где ω_d – угловая скорость коленчатого вала двигателя, $i_{тр}$ – передаточное число трансмиссии от двигателя к подшипнику.

Крутящий момент на валу подшипника определим по формуле:

$$T = T_d i_{тр} \eta_{тр}, \quad (3)$$

где T – крутящий момент на валу подшипника, T_d – крутящий момент двигателя, $\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии.

Результирующая сила на вал от механической передачи:

$$F = \frac{T}{l}, \quad (4)$$

где F – результирующая сила на вал от механической передачи; l – плечо приложения силы.

Для определения величины реакции опоры – нагрузки на подшипник необходимо использовать силу F и конструктивные размеры вала, механической передачи, расстояний между опорами, то есть решить задачу на определение реакций опор:

$$R = f(F), \quad (5)$$

По полученным значениям производят вычисление температуры в зоне трения Θ_F в соответствии с выбранной моделью, после чего проводят проверку полученного значения по условиям: 1) температура не должна превышать 250°C; 2) температура должна находиться в пределах 70...250°C.

В случае, если проверка успешна, то принятую модель можно использовать для обеспечения контролепригодности узла и его применимости к технологии цифровой термодиагностики. Если принятая модель не прошла верификацию, то необходимо подобрать другую модель.

Для практической отработки алгоритма был произведен расчет температуры в зоне трения заднего шарикового подшипника 50412 вторичного вала коробки перемены передач автомобиля КАМАЗ-53212. На рисунке 3 показаны

результаты проведенной верификации для аналитической модели температуры в зоне трения:

$$\Theta_F = \frac{\delta f R \omega}{2h \left(\lambda \sqrt{\frac{2\alpha(h + \pi r)}{\lambda h \pi r}} + k' \rho c \cdot 2,6 \sqrt{\frac{a \omega r}{\lambda_d}} \right)}, \quad (6)$$

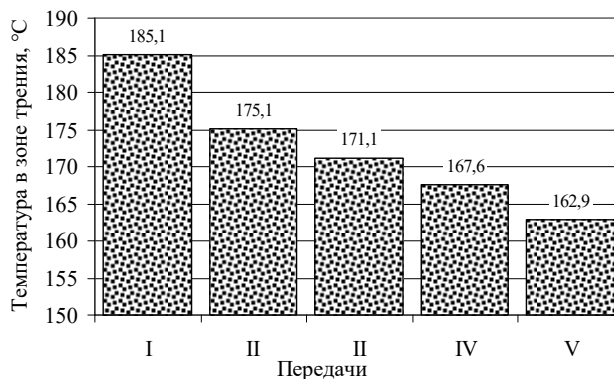


Рис. 3 – Результаты верификации аналитической модели температуры в зоне трения для заднего шарикового подшипника 50412 вторичного вала коробки перемены передач автомобиля КАМАЗ-53212

По результатам расчетов аналитическая модель верифицирована, величина температуры в зоне трения находится в пределах 162,9...185,1°C, что соответствует условиям критерия применимости аналитической модели, и коррелирует с результатами других исследований [17-20].

Выводы. В результате обобщения можно сделать следующие выводы.

1. Разработан алгоритм верификации аналитических моделей температуры в зоне трения подшипниковых узлов, предназначенный для обеспечения их контролепригодности и применимости к технологии цифровой термодиагностики элементов механических трансмиссий.

2. Установлен критерий применимости аналитической модели температуры в зоне трения как выполнение двух условий: 1) температура не должна превышать 250°C; 2) температура должна находиться в пределах 70...250°C.

3. Практическая отработка алгоритма на заднем шариковом подшипнике 50412 вторичного вала коробки перемены передач автомобиля КАМАЗ-53212 показала применимость выбранной модели. Результаты расчетов показали величину температуры в зоне трения 162,9...185,1°C, что соответствует условиям критерия применимости аналитической модели, и коррелирует с результатами известных исследований.

Библиография

1. Ерохин М.Н., Пастухов А.Г. Надежность карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники в эксплуатации : монография. – Белгород : Изд-во БелГСХА, 2008 – 160 с.
2. Пастухов А.Г. Повышение надежности агрегатов механических трансмиссий сельскохозяйственной техники (на примере карданных передач) // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 60-63.
3. Пастухов А.Г. Повышение долговечности карданных шарниров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 4. С. 24-25.
4. Пастухов А.Г. Обеспечение эффективной эксплуатации грузовых автомобилей путем повышения надежности карданных передач // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2010. № 1 (22). С. 13-19.
5. Erokhin M., Kazantsev S., Pastukhov A. Operability assessment of drive shafts of john deere tractors in operational parameters // Engineering for Rural Development. Vol 17 / Latvia University of Life Sciences and Technologies/ Jelgava, 2019 / Proceedings. Pp. 28-33. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N032/
6. Gligorić R., Ašonja A., Пастухов А., Kuznetsov Y., Degtyarev M., Molnar T. Measuring of reliability of cardan shaft // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1 (1). С. 368-374.
7. Erokhin, M.N. Analysis of wear of the cardan cross the joints John Deere tractor / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i pogonske mašine. – 2016. – Vol. 21. – № 1. – P. 24-29.

8. Ерохин, М.Н. Оценка износа крестовин шарниров типа CR115, применяемых в тракторах JOHN DEERE / М.Н. Ерохин, А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 14-21.
9. Assessment of operability of compressor crankshaft / A. Pastukhov, A. Kolesnikov, D. Bakharev, I. Berezhnaya // Engineering for Rural Development : Proceedings, Jelgava, 23-25 мая 2018 года. – Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 850-855. – DOI 10.22616/ERDev2018.17.N164.
10. Gabitov I., Negovora A., Nigmatullin S. [et al.]. Development of a method for diagnosing injectors of diesel engines // *Komunikacie*. – 2021. – Vol. 23. – № 1. – P. 46-57. – DOI 10.26552/COM.C.2021.1.B46-B57.
11. Adaptivity of thermal diagnostics method of mechanical transmission assemblies / A. Pastukhov, E. Timashov, I.N. Kravchenko, T. Parnikova // Engineering for Rural Development : 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 107-113. – DOI 10.22616/ERDev2020.19.TF024.
12. Тимашов, Е.П. Технические инновации сферы автомобильного сервиса: монография / Е.П. Тимашов. – Белгород : Белгородский университет кооперации, экономики и права, 2013. – 103 с.
13. Пат. № 2205377 С1 Стенд для испытания карданных передач. Российская Федерация, МПК G01M 13/02. А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов, А.И. Кошелев, заявитель и патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия.: № 2002112352/28 : заявл. 07.05.2002 : опубл. 27.05.2003.
14. Voronin V.V. Theoretical principles for the diagnostic support development for transport and technological machines. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 913(4), 042055.
15. Pastukhov, A.G. Thermal diagnostics of mechanical gear elements of combine harvester / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov, I.N. Kravchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, 12 апреля 2021 года. – Michurinsk, 2021. – P. 012137. – DOI 10.1088/1755-1315/845/1/012137.
16. Pastukhov, A.G. Method of diagnostics of cardan joints transport and technological machines / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // *Traktori i pogonske mašine*. – 2013. – Vol. 18. – № 2. – P. 29-35.
17. Krol O., Sokolov V. Research of modified gear drive for multioperational machine with increased load capacity. *Diagnostyka*, 2020, 21 (3), p. 87-93.
18. Karagodin V.I., Khapugin R.A. Rationale and frequency of the diagnosis of component parts of tractors Belarus in the development of technology maintenance. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 832 (1), 012005.
19. Jakubek B., Barczewski R., Rukat W., Rozanski L., Wróbel M. Stabilization of vibro-thermal processes during post-production testing of rolling bearings. *Diagnostyka*, 2019, 20 (3), p. 53-62.
20. Peretiaka N., Boryak K., Vatrenko O. Improving the thermal method for assessing the technical condition of rolling bearings based on the heating rate criterion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, 5/1 (107), p. 118-126.

References

1. Erokhin M.N., Pastukhov A.G. Nadezhnost' kardanny'x peredach transmissij sel'skoxozyajstvennoj texniki v e'kspluatacii : monografiya. [Reliability of cardan transmissions of agricultural machinery in operation : monograph]. Belgorod : BelSHA Publishing house, 2008 – 160 p. (In Rus.).
2. Pastukhov A.G. Povy'shenie nadezhnosti agregatov mexanicheskix transmissij sel'skoxozyajstvennoj texniki (na primere kardanny'x peredach) [Increase of reliability of units of mechanical transmissions of agricultural machinery (on the example of gimbals)]. *Trudy' GOSNITI*, 2008; 101: 60-63. (In Rus.).
3. Pastukhov A.G. Povy'shenie dolgovechnosti kardanny'x sharnirov [Increase of durability of cardan joints]. *Mexanizaciya i e'lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva*, 2007; 4: 24-25. (In Rus.).
4. Pastukhov A.G. Obespechenie e'ffektivnoj e'kspluatacii gruzovy'x avtomobilej putem povy'sheniya nadezhnosti kardanny'x peredach [Ensuring efficient operation of trucks by improving the reliability of gimbal transmission]. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010; 1 (22): 13-19. (In Rus.).
5. Erokhin M., Kazantsev S., Pastukhov A. Operability assessment of drive shafts of john deere tractors in operational parameters // Engineering for Rural Development. Vol 17 / Latvia University of Life Sciences and Technologies/ Jelgava, 2019 / Proceedings. Pp. 28-33. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N032/
6. Gligorić R., Ašonja A., Пацрыхов А., Kuznetsov Y., Degtyarev M., Molnar T. Measuring of reliability of cardan shaft // *Agrotehnika i energoobespechenie*. 2014. № 1 (1). 368-374. (In Eng.).
7. Erokhin, M.N. Analysis of wear of the cardan cross the joints John Deere tractor / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // *Traktori i pogonske mašine*. – 2016. – Vol. 21. – № 1. – P. 24-29. (In Eng.).
8. Erokhin M.N., Pastukhov A.G., Timashov E.P. Ocenka iznosa krestovin sharnirov tipa CR115, primenyaemyh v traktorah JOHN DEERE [Assessment of wear of the CR 115 type hinge crosspieces used in JOHN DEERE tractors]. *Trudy' GOSNITI*, 2017. 126: 60-63. (In Rus.).
9. Assessment of operability of compressor crankshaft / A. Pastukhov, A. Kolesnikov, D. Bakharev, I. Berezhnaya // Engineering for Rural Development: Proceedings, Jelgava, 23-25 мая 2018 года. – Jelgava : Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 850-855. – DOI 10.22616/ERDev2018.17.N164. (In Eng.).
10. Gabitov I., Negovora A., Nigmatullin S. [et al.]. Development of a method for diagnosing injectors of diesel engines // *Komunikacie*. – 2021. – Vol. 23. – № 1. – P. 46-57. – DOI 10.26552/COM.C.2021.1.B46-B57. (In Eng.).
11. Adaptivity of thermal diagnostics method of mechanical transmission assemblies / A. Pastukhov, E. Timashov, I.N. Kravchenko, T. Parnikova // Engineering for Rural Development: 19, Jelgava, 20-22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 107-113. – DOI 10.22616/ERDev2020.19.TF024. (In Eng.).
12. Timashov, E.P. Tekhnicheskie innovacii sfery avtomobil'nogo servisa: monografiya [Technical innovations in the field of automotive service: monograph]. Belgorod : Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 2013. – 103 p. (In Rus.).
13. Пат. 2205377 С1. Стенд для испытания карданных передач [Cardan Test Bench]. Russian Federation, IPC G01M 13/02. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Koshelev A.I., Applicant and patent holder Belgorod GAU, № 2002112352/28, declared 07/05/2002; publ. 27/05/2003. (In Rus.).
14. Voronin V.V. Theoretical principles for the diagnostic support development for transport and technological machines. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 913 (4), 042055. (In Eng.).

15. Pastukhov, A.G. Thermal diagnostics of mechanical gear elements of combine harvester / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov, I.N. Kravchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, 12 апреля 2021 года. – Michurinsk, 2021. – P. 012137. – DOI 10.1088/1755-1315/845/1/012137. (In Eng.).
16. Pastukhov, A.G. Method of diagnostics of cardan joints transport and technological machines / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i pogonske mašine. – 2013. – Vol. 18. – № 2. – P. 29-35. (In Eng.).
17. Krol O., Sokolov V. Research of modified gear drive for multioperational machine with increased load capacity. Diagnostyka, 2020, 21(3), p. 87-93. (In Eng.).
18. Karagodin V.I., Khapugin R.A. Rationale and frequency of the diagnosis of component parts of tractors Belarus in the development of technology maintenance. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 832 (1), 012005. (In Eng.).
19. Jakubek B., Barczewski R., Rukat W., Rozanski L., Wróbel M. Stabilization of vibro-thermal processes during post-production testing of rolling bearings. Diagnostyka, 2019, 20(3), p. 53-62.
20. Peretiaka N., Boryak K., Vatenko O. Improving the thermal method for assessing the technical condition of rolling bearings based on the heating rate criterion. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 5/1(107), p. 118-126.

Сведения об авторах

Тимашов Евгений Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-12-33, e-mail: timachov@mail.ru;

Вергун Вадим Игоревич, магистрант, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-12-33, e-mail: vergun_vadim@mail.ru.

Information about authors

Timashov Evgeny Petrovich, candidate of technical Sciences, docent of the department of technical mechanics and construction of machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7 4722 39-12-33, e-mail: timachov@mail.ru;

Vergun Vadim Igorevich, master's student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7 4722 39-12-33, e-mail: vergun_vadim@mail.ru.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 633.11:631.527:631.559

В.Т. Городов, Н.И. Клостер

АДАПТАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЯРОВО-ОЗИМЫХ ГИБРИДОВ ПШЕНИЦЫ В СЕЛЕКЦИИ ДВУРУЧЕК

Аннотация. Объектом исследования был селекционный материал, полученный от скрещивания яровой и озимой пшеницы, который изучался во всех звеньях селекционного процесса. Методика выявления генотипов различного образа жизни заключалась в проведении оценок и отборов в чередующихся яровых и подзимних посевах селекционного материала. Работу с селекционным материалом проводили в разных условиях с перемещением его в пределах Центрально-Черноземной зоны (юго-запад и юг ЦЧЗ).

В результате скрещиваний в комбинации Прохоровка х Белгородская 12 были получены гибридные семена (F₀). Гибриды были включены в общий селекционный процесс яровой пшеницы. Лучшие потомства гибридов были получены в различных питомниках яровых и подзимних посевов.

После неоднократных пересевов методом индивидуального отбора выделены линии-двуручки с расширенной нормой реакции к температурному фактору на ранних этапах развития. В процессе селекционной работы проведены скрещивания между линиями двуручек и сортами пшеницы разного образа жизни. Первая серия скрещиваний – для закрепления в потомствах ярово-озимого гибрида Прохоровка х Белгородская 12 признака озимости их скрещивали с сортами озимой пшеницы. Вторая серия скрещиваний – ступенчатые, с яровыми формами для закрепления признака яровости.

Сделаны выводы, что созданный селекционный материал может быть использован в качестве исходного для целенаправленной селекции на расширенную норму реакции генотипов, требовательность к яровизации, длине дня, поскольку отбор на продуктивность и устойчивость к факторам внешней среды лишь косвенно определяет адаптационные возможности сортов.

Ключевые слова: пшеница, яровая, озимая, двуручки, гибридизация, популяция, отбор, линия, урожайность, устойчивость, норма реакции.

ADAPTIVE POTENTIAL OF THE SPRING-WINTER WHEAT HYBRIDS IN THE ALTERNATE WHEAT SELECTION

Abstract. The object of the study was the breeding material obtained from the crossing of spring and winter wheat, which was studied in all parts of the selection process. The method of identifying genotypes of different lifestyles consisted in conducting assessments and selections in alternating spring and winter crops of selection material. The work with the selection material was carried out in different conditions with its movement within the Central Chernozem zone (southwest and south of the Central Black Earth Zone).

As a result of crosses in the combination of Prokhorovka x Belgorod 12, hybrid seeds (F₀) were obtained. Hybrids were included in the general selection process of spring wheat. The best offspring of hybrids were obtained in various nurseries of spring and winter crops.

After repeated replanting by the method of individual selection, alternate wheat lines with an expanded rate of reaction to the temperature factor at the early stages of development were identified. In the process of selection work, crosses were carried out between alternate wheat lines and wheat varieties of different lifestyles. The first series of crosses - to consolidate in the offspring of the spring-winter hybrid Prokhorovka x Belgorod 12 signs of winterability, they were crossed with varieties of winter wheat. The second series of crosses - two-handed hybrids with winter forms were crossed with spring forms to consolidate the sign of springiness.

It is concluded that the created breeding material can be used as a starting material for targeted breeding for an extended response rate of genotypes, the requirement for springization, the length of the day, since the selection for productivity and resistance to environmental factors only indirectly determines the adaptive capabilities of varieties.

Keywords: wheat, spring, winter, alternate wheat, hybridization, population, selection, line, yield, stability, reaction rate.

Введение. Адаптационные возможности пшеницы в условиях выращивания определяются типом развития растений, то есть степенью изменения реакции растений на яровизацию и фотопериод. Главным фактором в этом механизме адаптации являются аллельные комбинации в генах, которые регулируют сезонный рост (потребность в яровизации) и реакцию на фотопериод.

В зависимости от потребности растений в длительном воздействии низкой температуры для перехода в репродуктивную фазу развития пшеница подразделяется на озимые (сильная чувствительность к яровизации), яровые (нечувствительные к яровизации) и факультативные типы, способные развиваться и переходить к генеративному развитию как при весеннем, так и при осеннем высеве. По мнению многих исследователей, их выделяют в отдельную от яровых и озимых группу и определяют как промежуточный тип [12]. Для них характерны яровой тип развития, высокая реакция на короткий день и морозостойкость, специфическая фотопериодическая и яровизационная отзывчивость на условия внешней среды [6, 10].

Представления о генетической системе, определяющей яровой тип развития растений двуручек пшеницы, неоднозначны. Считается, что генетический контроль развития может осуществляться одним или двумя доминантными аллелями генов vernalization (vrn) в разных комбинациях. Наиболее распространен генотип двуручек - vrn 1 Vrn 2 vrn 3. Доминантные аллели генов, контролирующие тип развития, взаимодействуют с аллелями высокой устойчивости к низким температурам. Поэтому двуручки пшеницы отличаются широкими возможностями морозостойкости [9, 4].

Двуручки являются гетерозиготами по свойствам озимости и яровости, и в зависимости от условий выращивания происходит отбор яровых или озимых форм. Их можно считать генотипами с расширенной нормой реакции к температурному фактору на ранних этапах развития [6]. Поэтому двуручки превосходят озимые и яровые сорта по пластичности и адаптивности [2, 11].

Одна из проблем использования сортов двуручек – в разнонаправленном проявлении их генотипов: усиление свойства «озимости» приводит к ослаблению свойства «яровости» и наоборот. Например, повышение уровня мо-

розостойкости в подзимних посевах может приводить к замедлению темпов развития в яровых [11].

Один из путей создания сортов с широкой нормой реакции генотипа – это объединение генетического потенциала озимых и яровых форм. Однако, это направление в нашей селекции пока не нашло широкого распространения [5].

Рабочая гипотеза наших исследований заключалась в том, что гибриды между яровыми и озимыми формами являются гетерозиготами по всем признакам и свойствам, в том числе, и по озимости – яровости. Поскольку в зависимости от условий выращивания выщепляются то озимые, то яровые формы, то путем отбора можно выделить и промежуточные – двуручки.

Цель и задачи исследований. Целью исследования было создание исходного материала для селекции сортов пшеницы с факультативным образом жизни.

Для этого были поставлены задачи:

- провести скрещивания между яровой и озимой пшеницей,
- изучить гибридные популяции в яровых и подзимних посевах,
- провести отбор родоначальных растений в посевах ярового и озимого типа,
- испытать линии в различных условиях выращивания,
- выделить генотипы с высокими адаптационными возможностями при яровом и озимом образе жизни.
- включить выявленные двуручки в селекционный процесс яровой и озимой пшеницы.

Материал и методика исследований. Объектом исследования был селекционный материал, полученный от скрещивания яровой и озимой пшеницы, который изучался во всех звеньях селекционного процесса. Методика выявления генотипов различного образа жизни заключалась в проведении оценок и отборов в чередующихся яровых и подзимних посевах селекционного материала.

Посевы яровой и озимой пшеницы размещались на полях селекционного севооборота. Агротехника – общепринятая для Центрально-Черноземной зоны.

Схема селекционного процесса типовая классическая. Изучение селекционного материала – учеты, оценки, наблюдения – проводилось по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [8], Методическим указаниям ВИР [3] и по Методическим рекомендациям УНИИРСиГ им. В.Я. Юрьева [13].

Результаты исследований. Работу по созданию нового исходного материала для создания двуручек начали в 1999 году в питомнике гибридизации. Родительские пары яровой и озимой пшеницы подбирали по основным элементам продуктивности у пшениц в Центрально-Черноземной зоне – продуктивная кустистость, число зерен в колосе и масса зерна с колоса. Эти признаки вместе с адаптивными

способностями растений обеспечивали хозяйственную ценность сорта озимой пшеницы Белгородская 12 и яровой – Прохоровка, которые на тот момент были наиболее распространены в производстве Белгородской области.

Для синхронизации фаз цветения у родительских форм применяли метод подкашивания растений озимой пшеницы в фазах трубкования и колошения [1, 5].

В результате реципрокных скрещиваний было получено 35 гибридных семян (F₀) в комбинации Прохоровка х Белгородская 12. Обратная комбинация оказалась неудачной.

В 2000 году в гибридном питомнике были выращены гибриды F₁ - 31 растение. По морфотипу они приближались к материнской яровой форме разновидности лютеценс.

Гибриды были включены в общий селекционный процесс яровой пшеницы, разложены на линии и в следующем 2001 году высеяны в селекционном питомнике 1-го года. В этом поколении (F₂) началось расщепление. Все растения отцовского типа эритроспермум были выбракованы по морфологическим признакам в полевых условиях. В 17 лучших линиях проведены отборы. 42 потомства родоначальных растений направлены для оценки и селекционной проработки в резко континентальных условиях Каменной степи (НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева) согласно программе о творческом сотрудничестве. (Авторы выражают глубокую благодарность ныне покойной Малоковской Е.И. – руководителю лаборатории селекции яровой пшеницы).

В 2002 году было продолжено изучение 17 линий в селекционном питомнике 2 года. По результатам полевых и лабораторных оценок выделились только 2 линии – Линия 358/1 и Линия 358/5. Они отличались хорошими морфологическими признаками, превышали сорт-стандарт материнскую форму Прохоровка по продуктивности растения (на 0,54-1,85 г/раст.), по показателям седиментации (на 5-11 мл). поэтому были направлены в контрольный питомник.

Одной из первоначальных целей скрещивания была попытка получить материал для селекции яровой пшеницы с повышенной продуктивной кустистостью, что, в общем-то, и было достигнуто. В потомстве гибридов нередко линии с продуктивной кустистостью, характерной более для озимой пшеницы, чем для яровой.

В контрольном питомнике 2003 года Линия 358/1 при урожайности 31,6 ц/га превысила стандарт Прохоровку на 3,6 ц/га, а Линия 358/5 показала урожайность 30,2 ц/га, что тоже выше урожайности стандарта – на 2,0 ц/га. Эти номера имели крупное зерно – масса 1000 зерен была 4,04 г и 40,6 г, (для сравнения, у Прохоровки – 39,0 г), устойчивы к полеганию – 4,5 и 4,0 балла, общая полевая оценка их была 4,0 и 4,5 баллов.

Но по результатам предварительного сортоиспытания обе линии были выбракованы, как достоверно уступившие по урожайности стандарту Прохоровка (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность линий в предварительном сортоиспытании 2004 года

Сорта	Урожайность, ц/га				± к St
	I повторн.	II повторн.	III повторн.	средняя	
Прохоровка St	21,0	21,6	19,9	20,8	-
Линия 358/1	15,3	17,5	16,2	16,3	-4,5
Линия 358/5	15,8	17,3	15,7	16,3	-4,5
НСР _{0,05}					3,9

Из 42 линий первого отбора педигри (2001 г), включенных в 2002 году в селекционный процесс НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева, в контрольном питомнике 2005 года выделились 3 линии – Линия 1247(02), Линия 1254(02) и Линия 1255(02), которые превысили стандарт Крестьянка соответственно на 3,5 ц/га, 3,8 ц/га и 3,0 ц/га.

Изучение селекционного материала в разных условиях с перемещением его в пределах Центрально-Черноземной зоны, как элемент экологической селекции, было продол-

жено. В 2006 году Линия 1247(02), Линия 1254(02) и Линия 1255(02) прошли предварительное сортоиспытание в условиях юго-западной части ЦЧЗ – в БГСХА имени В.В. Горина. Они отличались устойчивостью к полеганию, крупным зерном. Масса 1000 зерен у них составляла соответственно 33,1 г; 36,1 г и 35,1 г, а у стандарта – 31,2 г. Линия 1247(02) по урожайности достоверно превысила стандарт Прохоровку, а Линия 1254(02) и Линия 1255(02) были на его уровне (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты предварительного сортоиспытания в 2006 году

Сорт	Урожайность, ц/га				± к St	
	I повт.	II повт.	III повт.	средняя	средн.	соседн.
Прохоровка средн. St	29,4	27,6	30,1	29,0	-	-
Прохоровка соседн. St	34,9	31,0	31,7	32,5	+3,5	-
Линия 1247(02)	30,5	35,7	32,5	32,9	+3,9	+0,5
Линия 1254(02)	28,2	33,0	31,5	30,9	+1,9	-1,6
Линия 1255(02)	32,7	30,0	32,0	31,6	+2,6	-0,9
НСР ₀₅						4,56
НСР ₀₅						3,63

Дальнейшее изучение этого материала проходило в конкурсном сортоиспытании. В 1-й год испытания, как это видно из таблицы 3, линии по урожайности, содержанию и качеству клейковины были на уровне стандарта (табл. 3). В

зерне Линии 1247(02) содержалось 30,2% клейковины, Линии 1254(02) – 34,2%, Линии 1255(02) – 28,9%, Прохоровка содержала 31,2%. По качеству клейковины линии уступали стандарту – 86-100 ед. ИДК 75 у Прохоровки.

Таблица 3 – Конкурсное сортоиспытание линий в 2007 году

Сорт	Урожайность, ц/га					± к St	
	I повт.	II повт.	III повт.	IV повт.	средняя	средн.	соседн.
Прохоровка средн. St	19,0	22,4	19,8	19,7	20,2	-	-
Прохоровка соседн. St	19,5	20,8	18,3	18,8	19,4	-0,8	-
Линия 1247(02)	20,1	22,2	19,4	18,5	20,0	-0,2	+0,6
Линия 1254(02)	21,4	20,1	17,6	23,4	20,6	+0,4	+1,2
Линия 1255(02)	21,6	25,7	16,6	20,8	21,2	+1,0	+1,8
НСР ₀₅						2,23	
НСР ₀₅						2,91	

В 2008 году сложились благоприятные погодные условия для яровых культур и, в частности, для яровой пшеницы. Вместе с тем, увеличился разрыв в уровнях уро-

жайности изучаемых линий и стандарта. Линии 1247(02), 1254(02) и 1255(02) достоверно уступили Прохоровке и были выбракованы из конкурсного сортоиспытания (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты конкурсного сортоиспытания линий в 2008 году

Сорт	Урожайность, ц/га					± к St	
	I повт.	II повт.	III повт.	IV повт.	средняя	средн.	соседн.
Прохоровка средн. St	29,6	30,6	34,8	34,7	32,4	-	-
Прохоровка соседн. St	34,0	32,1	39,0	33,6	34,7	-	-
Линия 1247(02)	29,8	26,6	36,0	27,8	30,0	-2,4	-4,7
Линия 1254(02)	30,6	24,4	35,2	30,6	30,2	-2,2	-4,5
Линия 1255(02)	25,2	24,8	32,3	31,0	28,3	-4,1	-3,6
НСР ₀₅						3,15	
НСР ₀₅						2,10	

Таким образом, весь изученный селекционный материал в яровых посевах по многим показателям не имел преимуществ над стандартами. Но одновременно работу с селекционным материалом проводили в подзимних посевах.

В 2006 году Линия 1247(02), Линия 1254(02) и Линия 1255(02) впервые были высеяны под зиму в питомнике отбора на делянках площадью 5 м². Питомник был заложен в первой декаде сентября, условия перезимовки – типичные для юго-западной части ЦЧЗ. Перезимовало около 80-85% растений. В полученном шестом поколении F₆ отмечено расщепление в соотношении примерно 5 (разновидность лютесценс) : 1 (разновидность эритроспермум). Во всех трех линиях растения разновидности эритроспермум были выбракованы по морфологическим признакам (в основном, по рыхлости колоса) в полевых условиях.

Отборы провели только среди растений разновидности лютесценс – индивидуальный отбор в объеме по 150 родоначальных растений, а массовый по 300-400 растений в каждой линии.

Под зиму 2007/2008 гг опять заложили питомники отбора на делянках площадью 25 м² и селекционный питомник 1-го года.

В питомнике отбора перезимовка и развитие растений Линии 1247(02) были на уровне стандарта Одесская 267. Линия 1254(02) и Линия 1255(02) перезимовали при значительной гибели растений – вегетацию возобновили не более

10% растений. Дальнейшая работа проводилась только с Линией 1247(02), а Линия 1254(02) и Линия 1255(02) оставлены в резерве.

В селекционном питомнике 1-го года было изучено по 136 линий из потомств родоначальных растений, отобранных в Линиях 1247(02), 1254(02) и 1255(02). После полевых бравок выделено 68 потомств только лишь из Линии 1247(02). Потомства из Линии 1254(02) и Линии 1255(02) перезимовали неблагополучно – выжили не более 10%.

В потомствах (F₇) всех трех линий обоих питомников также отмечено расщепление, но в меньшей степени – в отношении 10 (лютесценс) : 1 (эритроспермум). Растения эритроспермум выбракованы по признакам: рыхлый колос, склонность к полеганию.

Выделенный селекционный материал снова был высеян под зиму (2008/2009 гг) и весной 2009 года.

68 линий из Линии 1247(02) селекционного питомника 1-го года были проработаны в селекционном питомнике 2-го года в подзимних посевах. Перезимовка прошла благополучно, расщепления отмечены единичные. Была проведена сажающая браковка – для сохранения материала. Выделенные лучшие 60 линий были направлены для изучения в подзимних посевах в условиях Каменной степи (НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева).

Результаты получены в 2011 году. Линии изучены в контрольном питомнике (2010 г) и в предварительном

сортоиспытании (2011 г). Из 60 линий сохранились 42, средняя урожайность составила 32,2 ц/га. В таблице 5 представлены лучшие, наиболее урожайные линии. Но по содержанию клейковины они уступали стандартам Одесская 267 и Крастал.

Как отмечает И.И. Шмальгаузен, в пределах популяции происходит накопление резервов изменчивости, кото-

рое может быть вскрыто при изменении условий [14]. Отбор, проводимый в различных направлениях, усиливает и закрепляет эти резервы, что дает возможность отобрать организмы с различной нормой реакции [6].

Результаты дальнейшей работы с этим материалом неизвестны.

Таблица 5 – Характеристика лучших линий в предварительном сортоиспытании подзимнего посева

Сорт, линия	Урожайность ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га		Содержание клейковины, %
		Одесская 267	Крастал	
Одесская 267 St	30,3	-	-1,9	34,8
Крастал St	32,2	+1,9	-	31,2
Л. 412/10	33,4	+3,1	+1,2	31,9
Л. 412/14	34,2	+3,9	+2,0	33,3
Л. 412/22	33,4	+3,1	+1,2	26,8
Л. 412/28	37,4	+7,1	+5,2	28,1
Л. 412/32	31,6	+1,3	-0,6	27,5
Л. 412/37	37,8	+7,5	+5,6	25,1
Л. 412/40	31,2	+0,9	-1,0	25,7
Л. 412/45	31,2	+0,9	-1,0	27,0
Л. 412/57	36,8	+6,5	+4,6	28,8
НСР ₀₅		3,1	2,2	-

Работу с селекционным материалом в условиях юго-запада ЦЧЗ проводили в яровых и подзимних посевах.

Линия 1247(02) (из питомника отбора подзимнего посева 2007/2008гг) проходила изучение в конкурсном сортоиспытании озимой (2008/2009 г) и яровой (2009 г) пшеницы.

В конкурсном сортоиспытании озимой пшеницы изучали 29 сортов, урожайность которых варьировала в пределах 43,0-58,1 ц/га и в среднем составила 50,7 ц/га. Урожайность Линии 1247(02), как это видно из таблицы 6, была ниже средней по опыту, но статистически достоверно на уровне урожайности стандарта Одесская 267.

Таблица 6 – Урожайность озимых форм пшеницы в конкурсном сортоиспытании, 2009 г

Сорт	урожайность, ц/га					± к St	
	I	II	III	IV	средн.	средн	соседн
Средн. St Одесская 267	52,0	55,5	48,6	52,6	52,2	±0	-0,2
Соседн. St Одесская 267	48,5	60,2	47,1	53,8	52,4	+0,2	±0
Линия 1247(02)	48,7	51,8	38,8	46,9	46,6	-5,6	-5,8
$t_{\text{факт}} = 2.72$ $t_{05} = 2.7$ НСР							6,0
$t_{\text{факт}} = 2.22$ $t_{05} = 1.68$ НСР							6,02
							-

В конкурсном сортоиспытании яровой пшеницы 2009 года Линию 1247(02) высевали на делянках площадью 25 м² в 4 повторениях, сроки сева оптимальные – II декада апреля, погодные условия периода вегетации благоприятные.

Особенность вегетационного периода Линии 1247(02) в том, что продолжительность фазы кушения составила около 120 дней. Выход в трубку зарегистрирован в конце августа, и в I декаде сентября выколосились единичные растения. С площади 100 м² было собрано 640 слаборазвитых колосьев.

В 2010-2017 гг. этот материал изучали в яровых посевах селекционных питомников 1-го и 2-го года и контрольного питомника по предусмотренной методике.

В питомнике отбора 2010 года предпринята попытка размножить этот материал в яровых посевах – было выращено 28 полноценных выколосившихся растений. Материал направлен в питомник отбора 2011 года, где проведен отбор 230 родоначальных растений.

Их потомства в последующих поколениях в яровых и подзимних посевах дали нормально развивавшиеся растения,

следовательно, их можно считать настоящими двуручками. Это согласуется с выводами и других исследователей [6].

Весной 2012 года они были высажены целым колосом в питомнике отбора. По признаку конкурентоспособности отобрано около 100 потомств. После браковки по зерну 72 потомства направлены в селекционный питомник 1-го года.

Следует отметить, что в селекционном питомнике 1-го года (2014 г) наблюдалось расщепление у 8 линий (лютеценс-эритроспермум). Все это в очередной раз подтверждает гибридность изучаемого материала и его гетерозиготное состояние.

Известны примеры, когда расщепление линий двуручек закончилось через тридцать лет в яровых и подзимних посевах. В первом случае элиминировали озимые растения, а во втором – яровые [6].

У 29 номеров контрольного питомника 2015 года урожайность варьировала от 6,1 до 22,5 ц/га и в среднем составила 16,1 ц/га. Все линии по урожайности были на уровне стандарта Курьер или уступали ему (табл. 7).

Таблица 7 – Урожайность яровой пшеницы в контрольном питомнике 2015 года

Линии	Урожайность, ц/га	±к St	Линии	Урожайность, ц/га	±к St
Курьер St	21,5	±0	Л. 234/544	18,7	-2,8
Л. 220/510	9,3	-12,2	Л. 236/548	15,0	-6,5
Л. 221/516	9,3	-12,2	Л. 237/553	16,8	-4,7
Л. 222/525	20,1	-1,4	Л. 238/553	12,5	-9,0
Л. 223/526	17,9	-3,6	Л. 239/555	17,9	-3,6
Л. 224/529	15,3	-6,2	Л. 240/558	19,4	-2,1
Л. 225/529	17,1	-4,4	Л. 241/563	16,4	-5,1
Л. 226/531	14,3	-7,2	Л. 242/578	15,8	-5,7
Л. 227/532	19,2	-2,3	Л. 243/П-1	20,0	-1,5
Л. 228/534	14,5	-7,0	Л. 244/П-1	17,1	-4,4
Л. 229/535	14,5	-7,0	Л. 245/П-1	18,9	-2,6
Л. 230/536	14,3	-7,2	Л. 246/П-1	19,6	-1,9
Л. 231/536	13,1	-8,4	Л. 247/П-1	20,9	-0,6
Л. 232/541	12,9	-8,6	Л. 248/П-2	22,5	+1,0
Л. 233/542	6,1	-15,4	Л. 249/П-2	17,0	-4,5

В 2016 году в контрольном питомнике изучали 37 линий. В среднем урожайность составляла 24,0 ц/га при варь-

ировании от 19,8 до 29,0 ц/га. Выделено 6 линий, которые по урожайности превосходили стандарт Курьер (табл. 8).

Таблица 8 – Лучшие линии в контрольном питомнике 2016 года

Линии	Урожайность, ц/га	± к St
Курьер St	26,3	-
Линия 160/222	29,0	+2,7
Линия 167/229	27,8	+1,5
Линия 172/234	28,2	+1,9
Линия 174/236	26,6	+0,3
Линия 184/246	27,6	+1,3
Линия 186/248	27,6	+1,3

Что касается качества зерна у изучаемых линий, то можно выделить 12 линий с лучшими показателями по сравнению со стандартом.

Содержание протеина у селекционных номеров варьировало в пределах 13,5-16,3% (в среднем, 15,0%). Лучшие линии превосходили стандарт на 1,3-2,5%.

Среднее содержание клейковины – 25,9%. Лучшие линии превосходили стандарт на 4,0-8,2%. О хорошем качестве клейковины в зерне линий свидетельствуют показатели седиментации – 50,7-59,9 мл против 41,4 мл у стандарта (табл. 9).

Таблица 9 – Результаты биохимической оценки зерна линий контрольного питомника 2016 года

Линии	Протеин, %	Влажность, %	Крахмал, %	Клейковина, %	Седиментация, мл
St Курьер	13,8	12,0	65,9	21,9	41,8
Л. 159/221	15,5	12,5	65,4	27,6	56,8
Л. 163/225	15,9	12,3	65,2	26,8	56,4
Л. 164/226	15,0	11,9	66,3	27,0	50,9
Л. 166/228	15,5	12,4	65,2	27,2	54,9
Л. 167/229	15,3	12,3	65,4	25,9	54,7
Л. 172/234	15,2	12,1	65,5	26,2	53,2
Л. 175/237	16,3	11,9	64,7	30,1	57,9
Л. 176/238	16,2	12,5	64,1	29,2	59,9
Л. 178/240	15,8	12,0	65,5	28,4	56,1
Л. 179/241	16,2	11,9	64,7	29,5	57,9
Л. 180/242	15,9	12,2	65,3	28,7	56,4
Л. 182/244	15,2	12,0	65,2	26,6	54,7

13 линий имели преимущество над стандартом и по другим хозяйственно-полезным признакам. В таблице 10 представлены данные по крупности и стекловидности зерна.

Таблица 10 – Физические характеристики зерна линий из ярово-озимого гибрида

Линии	Стекловидные, %	Мучнистые, %	Частично стекловидные, %	Общая стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г
Курьер St	0	98	2	1	35,8
Л.159/221	9	65	26	22	38,9
Л.160/222	26	25	49	51	37,1
Л.166/228	7	79	14	14	38,7
Л.168/230	26	30	44	48	36,6
Л.170/232	20	56	54	47	35,8
Л.172/234	24	45	31	40	36,8
Л.174/236	9	71	20	19	39,1
Л.175/237	17	71	12	23	37,6
Л.178/240	19	22	59	49	37,7
Л.184/246	9	68	23	21	41,3
Л.186/248	15	66	19	25	43,3
Л.193/396	3	85	12	9	37,9
Л.195/411	2	83	15	10	38,6

В 2017 году в яровых посевах контрольного питомника изучено 36 линий из селекционного питомника 2-года урожая 2016 г. Урожайность варьировала в пределах 18,9-

33,7 ц/га и в среднем равнялась 26,5 ц/га. Все линии также уступили стандарту по урожайности. Лучшие представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Урожайность линий в контрольном питомнике 2017 года

Линии	Урожайность, ц/га	± к St
Курьер St	34,0	-
Линия 105/559	32,8	-1,2
Линия 107/562	32,0	-2,0
Линия 110/564	32,0	-2,0
Линия 111/565	29,1	-4,9
Линия 117/573	32,9	-1,1
Линия 118/574	33,7	-0,3
Линия 122/577	29,7	-4,3
Линия 134/589	30,5	-3,5
Линия 136/591	29,5	-4,5
Линия 137/592	30,4	-3,6

Под зиму 2017/2018 гг. заложили контрольный питомник в объеме 44 линий из селекционного питомника 2-го года и контрольного питомника ярового посева урожая 2016 года. Для сравнения были высеяны стандарты Белгородская 12, Курьер и Донская элегия. Срок сева – I декада сентября. Условия перезимовки были типичные для Белгородской области. В общем по питомнику к моменту возобновления вегетации сохранилось примерно 75% растений. Хорошо перезимовал стандарт, сорт яровой пшеницы Курьер.

В фазу колошения можно было заметить морфологические особенности и различия между линиями. Из лучших

номеров – по проценту перезимовки, морфологическим признакам – (в том числе, и из стандарта Курьер) проведены отборы 512 родоначальных растений, и под зиму заложен селекционный питомник 1-го года (табл. 12). Хорошо перезимовал и стандарт сорт яровой пшеницы Курьер. Этот «феномен» в науке известен. Исследователи отмечают, что в природе встречаются яровые образцы с достаточно высоким уровнем морозостойкости и высокой чувствительностью к фотопериоду – они аналогичны двуручкам [8].

Таблица 12 – Линии подзимнего посева и ярового посева

Линия из КП 2017/2018 г	Заложено линий в СП-1 (подзимний посев 2018/2019 г)	Убрано линий в СП-1 (подзимний посев 2018/2019 г)	Убрано линий в СП-2 (яровой посев 2020 г)
Линия 21 (178/240)	62	15	6
Линия 22 (170/232)	10	8	3
Линия 25 (Курьер)	123	25	4
Линия 26 (181/243)	34	15	5
Линия 27 (182/244)	60	20	5
Линия 28 (183/245)	58	18	6
Линия 32 (187/249)	62	19	7
Линия 34 (189/376)	10	6	-
Линия 35 (190/383)	5	5	4
Линия 36 (191/384)	10	8	1
Линия 39 (194/400)	10	8	3
Линия 44 (199/424)	68	24	5
Всего	512	171	49

В селекционном питомнике 1-го года было выбраковано 66,6%, а в селекционном питомнике 2-го года осталось только 28,6%, или 9,6% от числа родоначальных растений.

49 линий из селекционного питомника 2-го года ярового посева 2008 г были высеяны под зиму 2020/2021 г в контрольном питомнике озимой пшеницы в сравнении со стандартом Альмера. Условия были неблагоприятные – поздний срок сева (3 октября), мелкая заделка семян вследствие плохой обработки почвы, суровая зима с резкими перепадами температур, чередование оттепелей с заморозками до - 15-20°C. Все растения погибли.

Аналогичные результаты получены другими исследователями при ярово-озимых пересевах линий на протяжении девяти лет [6].

Работа с материалом подзимнего посева 2017/2018 гг. продолжалась поочередно в яровых и подзимних посевах.

Весной 2019 года в питомнике отбора высеяно 13 номеров из контрольного питомника подзимнего посева 2017/2018 гг, из которых не проводили отбор в 2018 году. Отобрано 1100 родоначальных растения и направлено в резерв.

В селекционном питомнике 1-го года (табл. 12) проведены скрещивания между линиями двуручек и сортами озимой пшеницы. Цель первой серии скрещиваний в том, чтобы закрепить в потомствах ярово-озимого гибрида Прохоровка х Белгородская 12 признак озимости (табл. 13), а потом для закрепления признака яровости провести скрещивания с яровыми формами. Предполагается, что это позволит объединить пару альтернативных признаков озимость-яровость. Вместе с тем была цель изменить морфотип колоса на характерный для современных коммерческих сортов.

Таблица 13 – Схема и результат скрещиваний двуручек с озимыми формами, 2018/2019 гг.

№ комбинации	Материнская форма ♀	Отцовская форма ♂	Кол-во гибридных семян
1	Линия 21	Дон 3	9
2	Линия 22	Льговская 4	11
3	Линия 25	Свитанок Михайловский	2
4	Линия 26	Таня	7
5	Линия 27	Безенчукская 100	3
6	Линия 28	Лауреат	20
7	Линия 32	Черноземка 88	6
8	Линия 35	Эректоид 1	3
9	Линия 36	Эректоид 2	14
10	Линия 39	Тройка	8
11	Линия 44	Эректоид 3	17
12	Линия 25	Линия 26	20
13	Линия 26	Линия 25	2
Всего			122

В гибридном питомнике подзимнего посева 2019/2020 гг. гибриды F₁ были размножены (табл. 14). Ставилась задача не только сохранить гибридные растения, но и выделить

генотипы, пригодные к перезимовке. Большинство гибридов перезимовали благополучно, погибли растения только 4-х комбинаций. Гибриды при уборке разложены на линии.

Таблица 14 – Гибриды F₁ пшеницы-двуручки, 2019/2020 гг.

№ комбинации	Гибридная комбинация	Высеяно гибридных семян F ₁	Получено растений F ₁
1	Линия 21 х Дон 23	9	нет растений
2	Линия 22 х Льговская 4	11	10
3	Линия 25 х Свитанок Михайловский	2	2
4	Линия 26 х Таня	7	1
5	Линия 27 х Безенчукская 100	3	2
6	Линия 28 х Лауреат	20	нет растений
7	Линия 32 х Черноземка 88	6	нет колосьев
8	Линия 35 х Эректоид 1	3	2
9	Линия 36 х Эректоид 2	14	9
10	Линия 39 х Тройка	8	нет растений
11	Линия 44 х Эректоид 3	17	9
12	Линия 25 х Линия 26	20	6
13	Линия 26 х Линия 25	2	2

Линии были направлены в селекционный питомник 1-го года, заложенный под зиму 2021/2022 гг. Перезимовка прошла благополучно – погибли не более 5 % растений.

Таблица 15 – Объем селекционного питомника 1-го года, 2021/2022 гг.

№ комбинации	Комбинация скрещивания	Кол-во линий
2	Линия 22 x Льговская 4	67
3	Линия 25 x Свитанок	12
4	Линия 26 x Таня	11
5	Линия 27 x Безенчукская 100	4
8	Линия 35 x Эректоид 1	5
9	Линия 36 x Эректоид 2	31
11	Линия 44 x Эректоид 3	24
12	Линия 25 x Линия 26	20
13	Линия 26 x Линия 25	5
Всего		179

В 2022 году проведена вторая серия скрещиваний (ступенчатые) для закрепления у гибридов признака яровости (табл. 15, 16). Получено 53 гибридных семени. Гибриды

F₁ будут размножены в яровых посевах 2023 года и переселены под зиму.

Таблица 16 – Схема скрещиваний гибридов F₂ с яровыми формами, 2022 г

№ комбинации	Материнская форма ♀	Отцовская форма ♂	Кол-во гибридных зерен
14	Комб. 2 (Линия 22 x Льговская 4)	Дарья	10
15	Комб. 3 (Линия 25 x Свитанок Мих.)	Ликамера	11
16	Комб. 4 (Линия 26 x Таня)	Л.437/22	1
17	Комб. 9 (Линия 36 x Эректоид 2)	Сансет	20
18	Комб. 11 (Линия 44 x Эректоид 3)	Токката	1
19	Комб. 12 (Линия 25 x Линия 26)	Торридон	10
20	Комб. 13 (Линия 26 x Линия 25)	Реал	0
21	Комб. 12 (Линия 25 x Линия 26)	Л. 441/22	0
Всего			53

Таким образом, судя по результатам изучения данного селекционного материала, можно предположить, что генотип-средовые взаимодействия двуручек носят более сложный и своеобразный характер в сравнении с яровыми и озимыми формами пшеницы. Поэтому использование сортов-двуручек в сельскохозяйственном производстве будет, вероятно, связано с определенными рисками.

Примером может быть наш неудачный опыт использования в селекционном процессе яровой пшеницы сортообразцов двуручек Афина (лютесценс, к-64614), Харитоновка (эритроспермум, к-64284) и Ульяновка 120 (лю-

тесценс, к-55790), полученных из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), в засушливом 2010 году. Все растения этих сортообразцов не выколосились.

Заключение. Созданный селекционный материал может быть использован в качестве исходного для целенаправленной селекции на расширенную норму реакции генотипов, требовательность к яровизации, длине дня, поскольку отбор на продуктивность и устойчивость к факторам внешней среды лишь косвенно определяет адаптационные возможности сортов.

Библиография

1. Городов, В.Т. Создание исходного материала для селекции сортов-двуручек пшеницы / В.Т. Городов // Проблемы и решения современной аграрной экономики: материалы XXI Международной научно-производственной конференции (п. Майский, 23-24 мая 2017) : в 2-х т. Том 1. – п. Майский : Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2017. – С. 144.
2. Звейнек, С.Н. Наследование типа развития и связь его с морозостойкостью и фотопериодической чувствительностью у двуручек мягкой пшеницы: автореф. дис. ... канд. биол. Наук / Звейнек С.Н. – Л. : ВИР, 1984. – 20 с.
3. Изучение коллекции пшеницы : методические указания.– Л. : ВИР, 1985. – 27 с.
4. Изучение роли генетических систем Vrn и Rpd у мягкой пшеницы / А.Ф. Стельмах, В.И. Авсенин, В.А. Кучеров, А.Н. Воронин // Вопросы генетики и селекции зерновых культур КОЦ СЭВ. – Одесса (СССР), НИИР Прага Рузыне (ЧССР), 1987. – Вып. 3. – С. 125-132.
5. Кластер, Н.И. Особенности создания нового исходного материала в селекции пшеницы при использовании озимых и яровых форм в юго-западной части ЦЧЗ: специальность 06.01.05. «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»: дис. ... канд. сельскохозяйств. наук / Кластер Н.И. – Воронеж, 2006. – 219 с.
6. Лященко, И.Ф. Пшеницы и ячмени двуручки / И.Ф. Лященко.– Ростов-на-Дону : Изд-во Ростовского университета, 1973 – 64 с.
7. Мережко, А.Ф. О слабых доминантных аллелях генов типа развития (Vrn) у мягкой пшеницы / А.Ф. Мережко // Генетические исследования злаковых культур: сб. науч. трудов по прикл. ботанике, генетике и селекции.– Л., 1989. – Т. 128. – С. 65-70.
8. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М.А.Федина. – М. : Колос, 1985. – Вып. 1.– 241 с.
9. Ригин, Б.В. Яровой тип развития мягкой пшеницы (Triticum aestivumL.): фенологический и генетический аспекты / Б.В. Ригин // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – СПб. : ВИР, 2012. – Т. 170. – С. 17-33.
10. Скрипчинский, В.В. Биология и хозяйственная ценность двуручек / В.В. Скрипчинский. – М. : Россельхозиздат, 1972. – 119 с.
11. Создание адаптированного генофонда альтернативного образа жизни мягкой пшеницы / В.А. Филобок, Е.А. Гуенкова, Л.А. Беспалова [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2016. – Вып. 1. – С. 38-42.

12. Терминология роста и развития высших растений / М.Х. Чайлахян, Р.Г. Бутенко, О.Н. Кулаева [и др.]. – М. : Наука, 1982. – 96 с.
13. Унифицированные методики ведения селекционного процесса по зерновым, зернобобовым и крупяным культурам : методические рекомендации. – Харьков : УкрНИИРСиГ, 1975. – 72 с.
14. Шмальгаузен, И.И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора / И.И. Шмальгаузен. – М. : Наука, 1968. – 451 с.

References

1. Gorodov, V.T. Creation of source material for the selection of alternate wheat varieties / V.T. Gorodov // Problems and solutions of modern agrarian economy: materials of the XXI International Scientific and Production Conference (Maysky, May 23-24, 2017) : in 2 volumes. Volume 1. – P. Maysky : Publishing House of the Belgorod State Agrarian University, 2017. – P. 144.
2. Zveinek, S.N. Inheritance of the type of development and its relationship with frost resistance and photoperiodic sensitivity in alternate wheat soft: abstract. dis. ... cand. biol. Nauk / Zveinek S.N. – L. : VIR, 1984. – 20 p.
3. The study of the wheat collection : methodological guidelines.– L. : VIR, 1985. – 27 p.
4. The study of the role of the Vrn and Ppd genetic systems in soft wheat / A.F. Stelmakh, V.I. Avsenin, V.A. Kucherov, A.N. Voronin // Questions of genetics and selection of grain crops of KOC SEV. – Odessa (USSR), NIIR Prague Ruzyne (Czechoslovakia), 1987. – Issue 3. – Pp.125-132.
5. Kloster, N.I. Features of the creation of a new source material in wheat selection using winter and spring forms in the southwestern part of the Central Processing Plant: specialty 06.01.05. «Selection and seed production of agricultural plants» : dis. ... cand. agricultural farm. Sciences / Kloster N.I.– Voronezh, 2006. – 219 p.
6. Lyashchenko, I.F. Alternate wheat and alternate barley / I.F. Lyashenko. – Rostov-on-Don: Rostov University Publishing House, 1973 – 64 p.
7. Merezhko, A.F. On weak dominant alleles of development type genes (Vrn) in soft wheat / A.F. Merezhko // Genetic studies of cereal crops: collection of scientific works on the appl. botany, genetics and selection. – L., 1989. – Vol. 128. – Pp.65-70.
8. Methodology of State variety testing of agricultural crops / ed. by M.A. Fedin. – M. : Kolos, 1985. – Issue 1. – 241 p.
9. Rigin, B.V. Spring type of development of soft wheat (*Triticum aestivum*L.): phenological and genetic aspects / B.V. Rigin // Proceedings. in applied botany, genetics and selection. – St. Petersburg : VIR, 2012. – T. 170. – C. 17-33.
10. Skripchinsky, V.V. Biology and economic value of alternate agricultural / V.V. Skripchinsky. – M. : Rosselkhozadzor, 1972. – 119 p.
11. Creation of an adapted gene pool of an alternative lifestyle of soft wheat / V.A. Filobok, E.A. Guenkova, L.A. Bespalova [et al.] // Grain farming of Russia. – 2016. – Issue 1. – Pp. 38-42.
12. Terminology of growth and development of higher plants / M.H. Chailakhyan, R.G. Butenko, O.N. Kulaeva [et al.]. – M. : Nauka, 1982. – 96 p.
13. Unified methods of conducting the selection process for cereals, legumes and cereals : methodological recommendations. – Kharkiv : UkrSRIPSetG, 1975. – 72 p.
14. Schmalhausen, I.I. Factors of evolution. Theory of stabilizing selection / I.I. Schmalhausen. – M. : Nauka, 1968. – 451 p.

Сведения об авторах

Городов Василий Тимофеевич, ведущий научный сотрудник Центра селекции в растениеводстве, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, e-mail: vas-gorodov@yandex.ru;

Клостер Наталья Ивановна, проректор по учебной работе, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, e-mail: Kloster@bsaa.edu.ru.

Information about authors

Vasily Gorodov, Leading researcher at the Center for plant selection, candidate of agricultural sciences, senior researcher, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: vas-gorodov@yandex.ru;

Natalia Kloster, Vice-rector for academic affairs, doctor of agricultural sciences, associate professor, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: Kloster@bsaa.edu.ru.

УДК 631.52.027:632.954:15.

И.В. Оразаева, Н.В. Ренко, А.С. Кобяков, В.И. Кобякова

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОРЕСУРСНОЙ КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ БЕЛГОРОДСКОГО ГАУ

Аннотация. Технологические, пищевые и кормовые достоинства зерна определяются действием двух групп факторов – генетическими особенностями сорта и условиями выращивания. При этом сорт один из значимых факторов увеличения урожайности. Большое разнообразие сортов делает сорт одним из значимых элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Правильный подбор сортового состава под определенную технологию возделывания – один из наиболее эффективных и наименее капиталоемких путей повышения урожайности.

Наши исследования заключались в оценке сортов и линий озимой пшеницы биоресурсной коллекции Белгородского ГАУ по основным фенотипическим признакам, определяющим продуктивность и адаптивность сорта для последующего подбора наиболее эффективных комбинаций скрещиваний для создания нового исходного материала для селекции. Биоресурсная коллекция Белгородского ГАУ включает виды, сорта и линии озимой пшеницы местной и инорайонной селекции.

Условия 2021-2022 года были довольно контрастными и существенно отличались от среднесезонных значений по температурному режиму и распределению количества осадков в течение года.

Более скороспелыми были сорта Пальмира 18, Шарада, Линия Д15. Около трети сортов озимой пшеницы были короткостебельными с высотой растений 58,5-76,5 см. Наибольшим значением показателя продуктивной кустистости (1,76-1,99) характеризовались 22 сорта. Практически все сорта коллекции в 2021-2022 году характеризовались относительно высоким значением массы 1000 зерен (36,3-43,6 г.). В условиях 2021-2022 года сорта формировали зерно с содержанием клейковины от 24,0 до 36,4%. Наибольшее содержание клейковины в зерне отмечено у сортов озимой спельты Алькоран и шарозерной пшеницы Шарада. К сортам с наибольшим содержанием протеина 14,9-16,2% относились сорта Синьора, Алькоран и Шарада.

Таким образом, проведенный анализ биоресурсной коллекции по основным хозяйственно-ценным признакам позволил выделить сорта и линии, которые могут служить источниками хозяйственно-ценных признаков и свойств в селекционных программах научных учреждений.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорта, селекция, коллекционный питомник, элементы структуры урожая, качество зерна.

PHENOTYPIC ASSESSMENT OF THE BIORESOURCE COLLECTION OF WINTER WHEAT VARIETIES OF BELGOROD STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract. Technological, food and feed advantages of grain are determined by the action of two groups of factors – genetic characteristics of the variety and growing conditions. At the same time, the variety is one of the significant factors of increasing yield. A wide variety of varieties makes the variety one of the significant elements of crop cultivation technology. The correct selection of varietal composition for a certain cultivation technology is one of the most effective and least capital-intensive ways to increase yields.

Our research consisted in the evaluation of varieties and lines of winter wheat of the biological resource collection of the Belgorod State Agrarian University according to the main phenotypic characteristics that determine the productivity and adaptability of the variety for the subsequent selection of the most effective combinations of crosses to create a new source material for breeding. The bioresource collection of the Belgorod State Agrarian University includes species, varieties and lines of winter wheat of local and non-district selection.

The conditions of 2021-2022 were quite contrasting and significantly differed from the long-term average values in terms of temperature regime and distribution of precipitation during the year.

The Palmyra 18, Sharada, and D15 varieties were more precocious. About a third of winter wheat varieties were short-stemmed with a plant height of 58.5-76.5 cm. The highest value of the productive bushiness index (1.76-1.99) was characterized by 22 varieties. Almost all varieties of the collection in 2021-2022 were characterized by a relatively high value of the mass of 1000 grains (36.3-43.6 g). In the conditions of 2021-2022, the varieties formed grain with a gluten content of 24.0 to 36.4%. The highest gluten content in the grain was observed in the varieties of winter spelt Alcoran and Sharada wheat. The varieties with the highest protein content of 14.9-16.2% included the varieties Signora, Alcoran and Charade.

The conducted studies allowed us to identify varieties with valuable host-biological characteristics. These varieties can be potential sources of useful traits for their use in the breeding process.

Keywords: winter wheat, varieties, breeding, collection nursery, elements of crop structure, grain quality.

Введение. Одним из значимых элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур, определяющим ее тип, является сорт.

Зерновые являются ключевым компонентом рациона человека, обеспечивая значительную долю белка и энергии, потребляемых во всем мире. В то время как рис и кукуруза доминируют в мировом производстве зерновых, пшеница является жизненно важной культурой, потребляемой людьми, обеспечивая примерно 20% наших энергетических потребностей (калорий) и 25% нашего белка. Зеленая революция 1970-х годов достигла огромного прироста урожая благодаря внедрению устойчивых к болезням высокоурожайных сортов пшеницы, разработанных доктором Н.Э. Борлоугом и его коллегами. С тех пор, однако, мировое произ-

водство пшеницы стагнировало, и текущие тенденции показывают, что урожайности будет недостаточно для удовлетворения растущих потребностей рынка.

Мировое потребление пшеницы, вероятно, составит 834,8 млн тонн к 2028 году (OECD/FAO, 2019). Несмотря на впечатляющий рост мирового производства пшеницы в недавнем прошлом, удовлетворить этот спрос по-прежнему будет сложно из-за усиления конкуренции за счет истощения природных ресурсов, биотических стрессов и изменения климатических условий. Однако, чтобы прокормить все еще растущее население мира в разных частях мира, средняя урожайность пшеницы должна быть увеличена со скоростью 1,3% в год.

Для того, чтобы прокормить население в 9 миллиардов человек, прогнозируемое на 2050 год, урожайность пшеницы должна вырасти более чем на 60%, сохраняя при этом и/или улучшая свои питательные характеристики [3, 4]. Для достижения этой цели без увеличения площади обрабатываемых земель, которые просто недоступны, акцент должен быть сосредоточен на ключевых чертах, связанных с продуктивностью растений и адаптацией к экологическим проблемам. Дефицит этой ключевой основной культуры может представлять серьезную угрозу для глобальной продовольственной безопасности, поэтому для преодоления нынешнего потолка урожайности необходимы улучшенные методы селекции на молекулярной основе и геномной инженерии.

В связи с необходимостью увеличения производства зерна и обеспечения кормами интенсивно развивающегося животноводства, а также увеличения населения планеты продовольствием, важность сортового разнообразия как фактора достижения высоких, устойчивых урожаев на протяжении многих лет особенно важна для производства.

Сорт является важным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Так, по мнению многих ученых, увеличение урожайности на 30-50% за последние 50 лет связано с созданием новых высокоурожайных сортов пшеницы, а также других культур.

Важнейшим показателем, характеризующим продуктивность сорта, является его урожайность. Урожайность была и остается важнейшим признаком в селекции растений. Степень выраженности продуктивности определяется генетической информацией, заложенной в растительной клетке, и условиями окружающей среды, в которых растет растение. Урожайность растений – сложный признак, который определяется взаимодействием многих генетических, биохимических, физиологических и морфологических систем растения. Все эти признаки имеют полигенную регуляцию и их степень выраженности в сильной степени зависит от погодных условий вегетационного периода. Для успешной селекции важен подбор исходного материала, который может быть использован в качестве родительских форм при скрещивании и создания в дальнейшем сортов мягкой озимой пшеницы с заданными параметрами [4].

Цель исследований. Целью наших исследований была оценка сортов и линий озимой пшеницы биоресурсной коллекции Белгородского ГАУ по основным фенотипическим признакам, определяющих продуктивность и адаптивность сорта для последующего подбора наиболее эффективных комбинаций скрещиваний для создания нового исходного материала для селекции.

Для выполнения этих целей определены задачи:

1. Изучить виды, сорта и линии озимой пшеницы биоресурсной коллекции и выделить наиболее перспективные из них по признакам продуктивности, адаптивности и качества продукции.

2. Выделить образцы, подходящие в качестве родительских форм для последующей их гибридизации путем скрещивания.

Объект исследований, материалы и методы. Объектом исследований в опыте были сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ и ведущих отечественных и зарубежных научных селекционных учреждений (Centre for agricultural research Hungarian Academy of sciences, Nordsaat saatzucht GMBH, SAATZUCHT JOSEF BREUN GMBH & CO, ГНУ Донской Зональный НИИ сельского хозяйства, ИФРГ НАН Украины, ООО «АКТИВ АГРО», ООО «ЭкоНива-семена», Селекционно-генетический институт национальный центр семеноведения и сортоизучения (Одесса), Устимовская опытная станция растениеводства ИР НААН Украины, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН», ФГБНУ «Нацио-

нальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко», ФГБНУ «Самарский НИИСХ им. Н.М. Тулайкова», ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», ФГБНУ «Северо-кавказский федеральный научный аграрный центр», ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ФГБНУ «Самарский федеральный исследовательский центр РАН», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова).

Питомник биоресурсной коллекции размещался на полях селекционно-семеноводческого оборота проблемной лаборатории селекции и промышленного семеноводства им. Н.С. Шевченко Белгородского ГАУ.

В питомнике проводились учеты, наблюдения и оценки сортов по продолжительности вегетационного периода, элементам структуры урожая, по зимостойкости, засухоустойчивости, устойчивости к болезням, оценка качества зерна. Технология возделывания озимой пшеницы в опыте (обработка почвы, сроки посева, нормы высева) – общепринятая для зоны и области [6].

Проводимые в питомнике фенологические наблюдения, структурный анализ урожайности осуществлялись по методике Государственного сортоиспытания [3], определение количества и качества клейковины и количества белка в зерне пшеницы экспресс методом с помощью анализатора качества зерна Инфраматик 9500 (Perten, Швеция).

Посев осуществлялся навесной селекционной сеялкой СН-4, площадь делянки 1 м². Уборка делянок производилась вручную с последующим обмолотом на зерновой молотилке. Математическая обработка результатов исследования проводилась по Б.А. Доспехову [2].

В питомнике изучалось 60 сортов озимой пшеницы по урожайным качествам и другим хозяйственно ценным признакам с целью их дальнейшего использования в селекционном процессе.

Результаты. Условия 2021-2022 года были довольно контрастными и существенно отличались от среднесезонных значений по температурному режиму и распределению количества осадков в течение года. Так, осенний период вегетации озимой пшеницы был отмечен осадками во второй и третьей декадах сентября, что сдвинуло сроки посева на более поздний период. Поэтому растения ушли в зиму нераскутившимися за счет короткого периода осенней вегетации. Перезимовка растений тем не менее прошла вполне благополучно.

Весенне-летний период характеризовался умеренным температурным режимом в период весеннего-кущения – колошения озимой пшеницы. При этом достаточное количество осадков способствовало нарастанию вегетативной массы. Однако нестабильный температурный режим первой половины лета – колебаниями среднесуточных температур от пониженных до высоких привел к формированию среднего урожая зерна с удовлетворительным качеством. Уборка затруднялась небольшими осадками в конце июля, что также влияло на качественные показатели зерна.

В питомнике сорта сравнивались по продолжительности вегетационного периода, по элементам структуры урожая, проводилась их оценка по зимостойкости, устойчивости к болезням, оценка качества зерна. Для систематизации полученных результатов нами была проведена группировка сортов по степени выраженности изучаемых признаков.

В 2020-2021 г. более продолжительным вегетационным периодом от 284 до 291 дня характеризовались такие сорта как Алькоран, Альмера, Норд 29, Норд 76, Пафос, Пенелопа, Губернатор Дона, Авнор, Антонина 1, Синьора, Амбар, Галина. Более скороспелыми были сорта Пальмира 18, Шарада, Линия Д15 (табл. 1).

Таблица 1 – Группировка сортов коллекции по продолжительности вегетационного периода, 2022 г.

Группа	Интервал продолжительности вегетационного периода, дней	Сорта озимой пшеницы
I	268 – 275	Пальмира 18, Шарада, Линия Д15, Линия Д19, Линия С8, Одесская 267, Тригор, Памяти Павлова, Раздолье, Линия Д9, Динас, Линия С4, Линия С6, Россыпь, Стиль 18, Тимирязевка 150, Зодиак, Княгиня Ольга, Линия С7, Линия Мильтурум 267, Степная 19, Универ, ЭН Фотон
II	276 – 283	Армада, Бирюза, Песня, Сирена, Володя, Гомер, Куряночка 19, Мироновская 808, Статус, Тимирязевская юбилейная, Алексеич, Подарок Крыму, Скипетр, Скипетр 2, Таня, ЭН Марс, Астарта, Батя, МВ Крайцар, Немчиновка 85, Норд 19, Персей, Победа 75, Приз, Рубин Дона
III	284 – 291	Алькоран, Альмера, Норд 29, Норд 76, Пафос, Пенелопа, Губернатор Дона, Авиор, Антонина 1, Синьора, Амбар, Галина

Около трети сортов озимой пшеницы были короткостебельными с высотой растений 58,5-76,5 см. Более высокорослыми были 5 сортов: Мироновская 808, Памяти Павлова, Сирена, Степная 19, Алькоран (табл. 2).

Таблица 2 – Группировка сортов коллекции по высоте растения, 2022 г.

Группа	Интервал высоты растения, см	Сорта озимой пшеницы
I	58,5 – 76,5	Пенелопа, Авиор, Княгиня Ольга, Рубин Дона, Куряночка 19, Амбар, Персей, Приз, Динас, Алексеич, Песня, Немчиновка 85, ЭН Марс, Галина, Бирюза, Подарок Крыму, Одесская 267, Губернатор Дона
II	76,6 – 94,6	Скипетр 2, Синьора, Пафос, ЭН Фотон, Скипетр, Антонина 1, Линия Д15, Линия Д9, Линия Д19, Альмера, Линия Мильтурум 267
III	94,7 – 112,7	Мироновская 808, Памяти Павлова, Сирена, Степная 19, Алькоран

При анализе показателя продуктивной кустистости урожая, было установлено, что предел варьирования данного признака был от 1,33 шт. у сорта Шарада до 1,99 шт. у сорта Таня. Среднее значение количества зерен с главного колоса по опыту составило – 1,65 шт.

Наибольшим значением показателя продуктивной кустистости (1,76-1,99) характеризовались 22 сорта: Миро-

новская 808, Алексеич, Одесская 267, Песня, Универ, Норд 76, Линия С6, Победа 75, Пафос, Скипетр, Статус, Тимирязевская юбилейная, Пальмира 18, Подарок Крыму, Скипетр 2, Степная 19, Линия Д9, Памяти Павлова, Россыпь, Линия С4, Таня, Линия С8 (табл. 3).

Таблица 3 – Группировка сортов коллекции по продуктивной кустистости, 2022г.

Группа	Интервал продуктивной кустистости, шт.	Сорта озимой пшеницы
I	1,33 – 1,52	Княгиня Ольга, Авиор, Батя, Шарада, Антонина 1, Астарта
II	1,53 – 1,75	Гомер, Тригор, ЭН Фотон, Альмера, Стиль 18, Норд 19, Приз, ЭН Марс, Куряночка 19, Пенелопа, Зодиак, Володя, Армада, Раздолье, Линия Д15, Линия С7, Алькоран, Сирена, Норд 29, Персей, Синьора, Амбар, Бирюза, МВ Крайцар, Рубин Дона, Тимирязевка 150, Галина, Губернатор Дона, Динас, Линия Д19, Линия Мильтурум 267, Немчиновка 85
III	1,76 – 1,99	Мироновская 808, Алексеич, Одесская 267, Песня, Универ, Норд 76, Линия С6, Победа 75, Пафос, Скипетр, Статус, Тимирязевская юбилейная, Пальмира 18, Подарок Крыму, Скипетр 2, Степная 19, Линия Д9, Памяти Павлова, Россыпь, Линия С4, Таня, Линия С8

Практически все сорта коллекции в 2021-2022 году характеризовались относительно высоким значением массы 1000 зерен (табл. 4). В группу со значениями этого показателя

от 39,9 до 43,6 г входили такие сорта, как Линия С8, Алькоран, Линия Д9, Памяти Павлова, Синьора, Алексеич, Динас, Сирена, Альмера и другие.

Таблица 4 – Группировка сортов коллекции по массе 1000 зерен, 2022 г.

Группа	Интервал масса 1000 зерен, г	Сорта озимой пшеницы
I	32,7 – 36,2	Шарада, Линия С7, Персей
II	36,3 – 39,8	Княгиня Ольга, Норд 29, Линия Д15, Армада, Володя, ЭН Фотон, Гомер, Галина, Победа 75, МВ Крайцар, Одесская 267, Песня, Губернатор Дона, Антонина 1, Линия Д19, Раздолье, Батя, Приз, Авиор, Норд 19, Пенелопа, Куряночка 19, Немчиновка 85, Тригор, Мироновская 808, ЭН Марс
III	39,9 – 43,6	Зодиак, Подарок Крыму, Амбар, Бирюза, Линия С6, Статус, Стиль 18, Тимирязевская юбилейная, Таня, Рубин Дона, Универ, Скипетр 2, Пафос, Астарта, Линия Милбтурум 267, Россыпь, Скипетр, Степная 19, Линия С4, Норд 76, Тимирязевка 150, Пальмира 18, Линия С8, Алькоран, Линия Д9, Памяти Павлова, Синьора, Алексеич, Динас, Сирена, Альмера

Количество и качество клейковины относятся к числу наиболее информативных признаков при оценке технологических свойств зерна пшеницы.

Клейковина – это комплекс белковых веществ зерна, способных при набухании в воде образовывать вязную эластичную массу. Она состоит из белковых фракций: глиадины и глютелина. В отличие от других запасных белков растений клейковина имеет уникальные реологические свойства, что является основой хлебопекарных достоинств

пшеничной муки. От нее зависит газоудерживающая способность теста, то есть формирование пористой структуры хлебного мякиша и объема хлеба.

В условиях 2021-2022 года сорта формировали зерно с содержанием клейковины от 24,0 до 36,4% (табл. 5). Наибольшее содержание клейковины в зерне отмечено у сортов озимой спелты Алькоран и шарозерной пшеницы Шарада.

Таблица 5 – Группировка сортов коллекции по содержанию клейковины, 2022 г.

Группа	Интервал содержания клейковины, %	Сорта озимой пшеницы
I	24,0 – 28,0	Персей, Раздолье, ЭН Марс, Пафос, Степная 19, ЭН Фотон, Норд 29, Мироновская 808, Песня, Куряночка 19, Универ, Приз, Стиль 18, Тригор, Пальмира 18, Таня, Амбар, Армада, Зодиак, Линия С4, Норд 76, Россыпь, Тимирязевская юбилейная, Линия С7, Победа 75, Статус, Алексеич, Батя, Линия С6, Норд 19, Подарок Крыму, Володя, Линия Д9, Линия Д15, Астарта, Альмера, Линия Мильтурум 267, Рубин Дона, Тимирязевка 150, Антонина 1, Скипетр 2
II	28,1 – 32,2	Бирюза, Гомер, Одесская 267, Княгиня Ольга, Сирена, Скипетр, Губернатор Дона, Линия Д19, Памяти Павлова, Авиор, Галина, Линия С8, Пенелопа, МВ Крайцар, Немчиновка 85, Синьора, Динас
III	32,3 – 36,4	Алькоран, Шарада

У половины сортов коллекции содержание протеина в зерне составило 12,1-13,4% (табл. 6). Вторую группу по содержанию белка от 13,5 до 14,8% составили 27 сортов. К

сортам с наибольшим содержанием протеина 14,9-16,2% относились сорта Синьора, Алькотран и Шарада.

Таблица 6 – Группировка сортов коллекции по содержанию протеина, 2022 г.

Группа	Интервал содержания протеина, %	Сорта озимой пшеницы
I	12,1 – 13,4	Амбар, Батя, Губернатор Дона, Линия С4, Куряночка 19, Норд 76, Зодиак, Степная 19, Раздолье, Стиль 18, ЭН Марс, ЭН Фотон, Линия Мильтурум 267, Норд 29, Пафос, Персей, Победа 75, Мироновская 808, Одесская 267, Песня, Статус, Универ, Линия Д15, Приз, Пальмира 18, Россыпь, Володя, Княгиня Ольга, Алексеич, Линия С7
II	13,5 – 14,8	Скипетр 2, Армада, Линия Д9, Астарта, Бирюза, Гомер, Линия Д19, Линия С6, Норд 19, Таня, Тригор, Альмера, Рубин Дона, Тимирязевка 150, Авиор, Антонина 1, МВ Крайцар, Скипетр, Галина, Подарок Крыму, Тимирязевская юбилейная, Немчиновка 85, Линия С8, Памяти Павлова, Динас, Пенелопа, Сирена
III	14,9 – 16,2	Синьора, Алькоран, Шарада

Сорта биоресурсной коллекции оценивались по реакции на условия среды по таким показателям, как зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к полеганию, заболеваниям мучнистой росе и бурой ржавчине.

Изучаемые сорта в 2021-2022 годах проявляли достаточно высокую зимостойкость на уровне 4,7-5,0 балла, засухоустойчивость (4,5-5,0 балла) и устойчивость к полеганию (4,7-5,0 балла), что указывает на достаточно высокую адаптивность сортов к местным условиям среды.

Устойчивость к заболеваниям мучнистой росы и бурой ржавчины у сортов коллекции была не одинаковой, но в среднем по сортам ее можно охарактеризовать как относительно высокую. Так, наименьшее поражение мучнистой росой от 0,0 до 1,3% отмечено у сортов Алькоран, Тимирязевская юбилейная, Динас, Немчиновка 85, Синьора, Мироновская 808, Галина, Линия Мильтурум 267, Степная 19, Таня, МВ Крайцар, Линия С7, Персей, Победа 75, Раздолье, Стиль 18. Наибольшее поражение этим заболеванием отмечено у сортов Альмера, Антонина 1 и Амбар (5,9-6,8%).

Развитие бурой ржавчины в фазу налива зерна у сортов Алькоран, Динас, Шарада, Персей, Статус, Немчиновка 85, Таня, Тимирязевская юбилейная, Линия С7, Батя, Линия

Д9, Раздолье, Стиль 18 (0,0-2,6 %). Сильнее других сортов поражаются этим заболеванием сорта Алексеич, Норд 29 и Амбар (7,8-9,4%).

Высокая комплексная устойчивость к болезням отмечена при этом у сортов Алькоран, Динас, Немчиновка 85, Тимирязевская юбилейная, Персей.

Таким образом, проведенные учеты и анализы позволили выделить в питомнике сорта, обладающие рядом ценных хозяйственно-биологических признаков. Эти особенности сортов могут быть использованы в производстве для уточнения сортовой агротехники в технологии их возделывания. А также данные сорта могут быть включены в селекционную программу скрещиваний для получения новых желаемых сочетаний признаков.

Заключение. Проведенные исследования продуктивности и качества зерна сортов озимой пшеницы различных экотипов позволили выделить сорта, отличающиеся по ряду хозяйственно-ценных признаков: скороспелость, устойчивость к полеганию, болезням, высокое качество зерна. Выделившиеся сорта могут являться потенциальными источниками полезных признаков для их использования в селекционном процессе.

Библиография

1. ГОСТ 13586.1 – 68. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. – Взамен ГОСТ 109666 – 64; Введ. 01.06.68. – М. : Изд-во стандартов, 1969. – С. 3-5.

2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд. доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – С. 271-356.
3. Методика государственного сортоиспытания полевых культур. – М. : 1987. – С. 5-23.
4. Павлов М.И. Оценка сортов и линий озимой пшеницы в коллекционном питомнике БелГАУ / Павлов М.И., Оразаева И.В., Муравьев А.А., Кулишова И.В. // Селекция растений : прошлое, настоящее и будущее: сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 140-летию НИУ «БелГУ» и 100-летию со дня рождения селекционера, ученого и педагога, доктора сельскохозяйственных наук, профессора З.И. Щелоковой (г. Белгород, 24-26 ноября 2016 г.) / Под общ. ред. Е.В. Думачевой. – Белгород : ИД «Белгород» НИУ БелГУ, 2017. – С. 139-143.
5. Павлов М.И. Оценка адаптивных и продуктивных характеристик перспективных линий озимой мягкой пшеницы / Павлов М.И., Оразаева И.В., Муравьев А.А. // Успехи современного естествознания. 2018. № 1. С. 43-48.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.

References

1. GOST 13586.1 – 68. Grain. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat. – Instead of GOST 109666 – 64; Introduction. 01.06.68. – Moscow : Publishing House of Standards, 1969. – Pp. 3-5.
2. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). – 5th ed. additional and revised – М. : Agropromizdat, 1985. – Pp. 271-356.
3. Methodology of the state variety testing of field crops. – М. : 1987. – Pp. 5-23.
4. Pavlov M.I. Evaluation of varieties and lines of winter wheat in the collection nursery of BelGAU / Pavlov M.I., Orazavaeva I.V., Muravyev A.A., Kulishova I.V. // Plant breeding: past, present and future: collection of materials of the I All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to 140th anniversary of the National Research University «BelSU» and the 100th anniversary of the birth of a breeder, scientist and teacher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Z.I. Shchelokova (Belgorod, November 24-26, 2016) / Under the general editorship of E.V. Dumacheva. – Belgorod : Publishing house «Belgorod» NRU BelGU, 2017. – P. 139-143.
5. Pavlov M.I. Assessment of adaptive and productive characteristics of promising lines of winter soft wheat / Pavlov M.I., Orazavaeva I.V., Muravyev A.A. // Successes of modern natural science. 2018. № 1. Pp. 43-48.
6. Organizational and technological standards of cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik, etc. – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

Сведения об авторах

Оразаева Ирина Владимировна, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, кандидат с.-х. наук, доцент, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: 8-906-604-88-82, e-mail: i-orazaeva@yandex.ru;

Репко Наталья Валентиновна, доктор с.-х. н., профессор, заведующий Центром искусственного климата, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация, тел.: 89615875046, e-mail: natalja.repko@yandex.ru;

Кобяков Александр Сергеевич, преподаватель агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: 8-980-528-70-90, e-mail: kobyakov_as@bsaa.edu.ru;

Кобякова Вера Ивановна, агроном проблемной лаборатории селекции и промышленного семеноводства Центра селекции в растениеводстве, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503.

Information about authors

Orazavaeva Irina Vladimirovna, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, contact phone 8-906-604-88-82, e-mail: i-orazaeva@yandex.ru;

Repko Natalya Valentinovna, Doctor of Agricultural Sciences Sc., Professor, Head of the Center for Artificial Climate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russian Federation, tel.: 89615875046, e-mail: natalja.repko@yandex.ru;

Kobyakov Alexander Sergeevich, Lecturer of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, contact phone: 8-980-528-70-90, e-mail: kobyakov_as@bsaa.edu.ru;

Kobyakova Vera Ivanovna, agronomist of the problem laboratory of Breeding and Industrial Seed Production of the Center of Breeding in Plant Breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503.

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН И УРОЖАЙНОСТИ ГОРОХА

Аннотация. Цель исследований – улучшение посевных качеств оригинального семенного материала и повышение урожайности сортов гороха посевного за счет применения нового биологически активного и ростостимулирующего препарата Реликт Р и системного протравителя Редиго ПРО, КС в почвенно-климатических условиях Орловской области. Отмечены различия по сортовой отзывчивости на изучаемые приемы. Наибольшее влияние на лабораторную и полевую всхожесть семян оказало применение смеси препаратов Реликт Р + Редиго ПРО, КС. Лабораторная и полевая всхожесть увеличилась у сорта Спартак соответственно на 5 и 9% по сравнению с контролем, у сорта Софья – на 9 и 4%. Выявлено стимулирующее действие регулятора роста Реликт Р и защитное действие системного протравителя Редиго ПРО, КС, что в конечном итоге способствовало повышению урожайности обоих сортов гороха. У сорта Спартак выявлена более активная отзывчивость на обработку семян биостимулятором Реликт Р, смесью биостимулятора и протравителя Реликт Р + Редиго ПРО, КС и обработку по вегетации Реликт Р в фазу бутонизации - начала цветения по сравнению с сортом Софья. Прибавка урожайности по вариантам варьировала в пределах 13,3-33,3%. У сорта Софья – 16,5-18,5%. Однако сорт Софья по урожайности превзошел сорт Спартак. Обработка семян только системным фунгицидом Редиго ПРО, КС является недостаточным эффективным приемом повышения урожайности гороха обоих сортов, т.к. прибавка по сорту Спартак составила 6,7%, по сорту Софья – 8,5%.

Ключевые слова: горох посевной, сорт, протравливание семян, биопрепараты, всхожесть, урожайность.

METHODS TO IMPROVE SEED QUALITY AND PEA YIELDS

Abstract. The aim of the research is to improve the sowing qualities of the original seed material and increase the yield of pea sowing varieties by using the new biologically active and growth-stimulating preparation Relikt P and the system dressing Redigo PRO, KS in the soil and climatic conditions of the Orel region. Differences in varietal responsiveness to the studied methods were noted. The greatest influence on laboratory and field seed germination was caused by the use of Relikt P + Redigo PRO, KS. Laboratory and field germination increased in Spartak variety by 5 and 9%, respectively, compared to the control; in Sophia variety – by 9 and 4%. The stimulating effect of the growth regulator Relikt P and the protective effect of the systemic dressing Redigo PRO, KS were found, which ultimately increased the yield of both varieties of peas. The cultivar Spartak revealed a more active response to seed treatment with the biostimulator Relikt P, a mixture of biostimulator and protectant Relikt P + Redigo PRO, KS and treatment during the growing season Relikt P in the phase of budding - beginning of flowering compared to the variety Sophia. Yield increase by variants ranged from 13.3-33.3%. In the variety Sophia – 16.5-18.5%. However, the variety Sophia outperformed Spartak. Seed treatment with only systemic fungicide Redigo PRO, KS is not effective enough to increase the yield of peas of both varieties, because the increase in the variety Spartacus was 6.7%, in the variety Sofia – 8.5%.

Keywords: pea, variety, seed dressing, biopreparations, germination, yield.

Введение. Инновационное направление развития отрасли растениеводства связано с внедрением новых высоко адаптированных к абиотическим факторам среды сортов, использованием стимуляторов и регуляторов роста растений, а также новых видов пестицидов, которые отличаются высокой эффективностью, механизмом действия и проникновения в растения. Это в полной мере относится и к возделыванию такой ценной зернобобовой культуры как горох посевной [1-3]. В разных климатических зонах учеными получены достоверные подтверждения положительного влияния препаратов биологического происхождения на рост, развитие, урожайность и качество зерна гороха. Так, в условиях Беларуси на дерново-подзолистой легкоосушлистой почве, обработка посевов гороха регуляторами роста Агростимулином и Эмистимом С повышала урожайность семян с 36,5 ц до 41,1 и 39,5 ц/га, т.е. на 4,5 и 3,0 ц/га. При этом возрастало содержание сырого белка в семенах на 1,0 и 1,1% соответственно [1]. В условиях Зауралья выявлена высокая урожайность новых сортов гороха Кулон – 2,75 т/га, Ямальский 305 – 1,94 т/га, Шеврон – 1,84 т/га. По биофунгицидам урожайность увеличивалась в среднем по сортам от 1,09 раза при применении Фитоспорина М до 1,11 раза при применении Биокомпозит Коррект [2]. Кривошеев С.И. и др. в условиях Курской области отмечают, что использование биопрепаратов Радифарм (300мл/т) и Гумат натрия (300 мл/т) совместно с комплексом микроэлементов Агромикс (200 г/т) для предпосевной обработки семян гороха способствовало повышению посевных качеств семян на 3-5% [4-5].

Комплексное применение макро- и микроудобрений, средств защиты и биостимуляторов роста позволяет растениям в полной мере реализовать генетический потенциал

продуктивности. Некорневые подкормки растений по вегетации способствуют устранению дефицита элементов питания в критические фазы роста и развития [4-7].

Большая работа по изучению эффективности применения биопрепаратов проводится в ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, в т.ч. совместно с Орловским ГАУ. Установлено, что применение на семенах гороха Фараон препарата, полученного на основе лектинов зернобобовых культур с концентрацией раствора $10^{-4}\%$ увеличивает рост и развитие проростков семян на 13,8...23,1%, гороха Софья – 13,0...18,5% по сравнению с контрольным вариантом. Прибавка урожайности гороха Фараон составила к контролю 0,19 т/га, гороха Софья – 0,21 т/га [8]. Обработка семян гороха сортов Спартак и Софья препаратом Гумат+7 (200 и 500 г/т) повышает урожайность на 8,3-10,4%. Обработка семян смесью препаратов Гумат + 7 и полимером Эпок 1% повышала урожайность гороха на 11,4-14,5% [9, 10]. Применение на семенах стимулятора роста Биостим Старт в комплексе с фунгицидом Скарлет, МЭ и препаратом Эмистим позволило получить прибавку урожайности сорта Софья на 5,7-8,7% [11].

Цель исследований – улучшение посевных качеств оригинального семенного материала и повышение урожайности сортов гороха посевного за счет применения нового биологически активного и ростостимулирующего препарата Реликт Р и системного протравителя Редиго ПРО, КС в почвенно-климатических условиях Орловской области.

Материалы и методы. Полевые опыты были заложены в 2022 г. на опытном поле «ФНЦ Зернобобовых и крупяных культур», Орловская область, Орловский район, п. Стрелецкий. Почвы опытного участка темно-серые, лесные, среднесуглинистые, с мощностью гумусового гори-

зонта 25-30 см. Размер учетной делянки – 7,5 м², повторность четырёхкратная, размещение делянок рендомизированное. Нормы высева составила 1,2 млн. всхожих семян на гектар. Перед посевом семена гороха обработали биопрепаратом Реликт Р-400 мл/т, системным фунгицидом Редиги ПРО, КС 0,45 л/т, а также их смесью.

В полевых условиях обработка растений гороха по вегетации была проведена в фазе бутонизации - начала цветения препаратом Реликт Р в дозе 400 мл/га. Объем воды для приготовления рабочего раствора препарата брали из расчета 250-300 л/га.

За день до уборки гороха с делянок были отобраны образцы растений для проведения структурного анализа. Урожайность гороха учитывали поделочно. Учеты проведены в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1983). Результаты опытов по урожайности обработаны методом дисперсионного анализа по Доспехову (1985).

Объекты исследований. *Сорт Спартак* – включен в Госреестр по Центрально-Черноземному (5) региону. Сорт нового морфологического типа «хамелеон», обладает ярусной гетерофилией. Среднеспелый, вегетационный период 66-89 дней. Устойчивость к осыпанию высокая. Среднезасухоустойчив. Устойчивость к полеганию выше средней-высокая.

Сорт Софья – включен в Госреестр по Центральному (3) и Центрально-Черноземному (5) регионам. Безлисточковый. Среднеспелый, вегетационный период 62-95 дней. Среднезасухоустойчив. Устойчивость к осыпанию и полеганию высокая.

Реликт Р – современный экологически безопасный препарат на основе солей гуминовых и фульвовых кислот, обладающий ростостимулирующими, адаптогенными и протекторными свойствами.

Редиги ПРО, КС (Протиоконазол 150 г/л + тебуконазол 20 г/л) – новый комбинированный системный препарат

для предпосевной обработки семян гороха, льна, зерновых культур с усиленной фунгицидной активностью против широкого спектра патогенов.

Результаты и обсуждение. Проведена оценка лабораторной всхожести обработанных и необработанных (контроль) семян сортов гороха. В результате выявлено, что наибольшее влияние на лабораторную всхожесть семян оказало применение смеси препаратов Реликта Р + Редиги ПРО, КС. Так, данный показатель у сорта Спартак увеличился на 5%, сорта Софья – на 9% по сравнению с контролем. Положительное влияние на лабораторную всхожесть семян оказала также обработка биопрепаратом Реликт ПРО, КС. Прибавка по сорту Спартак составила 4%, по сорту Софья – 7%. При определении лабораторной всхожести на варианте с протравителем Редиги ПРО было отмечено несущественное увеличение всхожих семян. Прибавка по сравнению с контролем у обоих сортов составила – 2%.

В полевых условиях при обработке семян гороха перед посевом биопрепаратом Реликт Р всхожесть обоих сортов увеличилась на 5% по сравнению с контролем. На варианте с обработкой семян протравителем Редиги ПРО повышение всхожести семян по сравнению с контролем составило у сорта Спартак 7%, у сорта Софья – 4%. Наибольшая прибавка полевой всхожести отмечена на варианте с обработкой семян Реликт Р + Редиги ПРО. У сортов Спартак и Софья – соответственно 9% и 4%.

Обработка семян, а также опрыскивание вегетирующих растений регулятором роста Реликт Р оказало положительное влияние на закладку и формирование структурных элементов урожайности (табл. 1). Выявлена сортовая специфичность в отношении используемых приемов. Так, у сорта Спартак на варианте с опрыскиванием растений биопрепаратом Реликт Р в фазу бутонизации - начала цветения элементы структуры урожая были на уровне контроля. У сорта Софья масса семян с растения увеличилась на 12%.

Таблица 1 – Элементы продуктивности сортов гороха в связи с использованием препаратов Реликт Р и Редиги ПРО

Варианты опыта		Количество бобов, шт./раст.	Количество семян, шт./раст.	Масса семян, г/раст.	Масса 1000 семян, г
Спартак					
Контроль – необработанные семена и растения		13	40	7,7	187,3
Обработка семян	Реликт Р	13	43	8,0	189,5
	Редиги ПРО, КС	14	42	7,9	188,4
	Реликт Р + Редиги ПРО, КС	15	46	8,4	192,2
Опрыскивание растений Реликт Р - 400 мл/га в фазу бутонизации - начала цветения		11	40	7,8	189,2
Софья					
Контроль – необработанные семена и растения		9	42	7,5	167,0
Обработка семян	Реликт Р	10	43	7,8	168,8
	Редиги ПРО, КС	10	40	7,1	166,7
	Реликт Р + Редиги ПРО, КС	11	44	7,8	180,8
Опрыскивание растений Реликт Р – 400 мл/га в фазу бутонизации - начала цветения		10	42	8,4	169,5

На варианте с обработкой семян Редиги ПРО, КС прибавка урожайности по сравнению с контролем составила у

сорта Спартак 0,10 т/га или 6,7%; у сорта Софья – 0,17 т/га или 8,5% (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние препаратов Реликт Р и Редиги ПРО на урожайность сортов гороха посевного

Варианты опыта		Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
			т/га	%
Спартак				
Контроль – необработанные семена и растения		1,50	-	-
Обработка семян	Реликт Р	1,70	0,20	13,3
	Редиги ПРО, КС	1,60	0,10	6,7
	Реликт Р + Редиги ПРО, КС	2,00	0,50	33,3
Опрыскивание Реликт Р 400 мл/га в фазу бутонизации - начала цветения		1,80	0,30	20,0
НСР ₀₅		0,16	-	
Софья				
Контроль - необработанные семена и растения		2,0	-	-
Обработка семян	Реликт Р	2,33	0,33	16,5
	Редиги ПРО, КС	2,17	0,17	8,5
	Реликт Р + Редиги ПРО, КС	2,37	0,37	18,5
Опрыскивание Реликт Р – 400 мл/га в фазу бутонизации - начала цветения		2,33	0,33	16,5
НСР ₀₅		0,15	-	

Урожайность гороха по сравнению с контролем на варианте с обработкой семян препаратом Реликт Р увеличилась по сорту Спартак на 0,20 т/га или 13,3%, по сорту Софья – на 0,33 т/га или 16,5%.

На варианте с обработкой семян смесью Реликт Р + Редиги ПРО, КС прибавка урожайности составила у сорта Спартак на 0,50 т/га или 33,3 %, у сорта Софья – на 0,37 т/га или 18,5%.

На варианте с опрыскиванием растений препаратом Реликт Р в фазу бутонизации - начала цветения получена прибавка урожайности у сорта Спартак – на 0,30 т/га или 20,0%, у сорта Софья – на 0,33 т/га или 16,5%.

На варианте с использованием смеси препаратов Реликт Р + Редиги ПРО, КС у сорта Спартак количество семян с растения увеличилось на 6 шт., масса семян с растения – на 9%, масса 1000 семян – на 2,6%. У сорта Софья прибавка по данным показателям составила соответственно 2 штуки, 4 и 8,3%. Количество бобов увеличилось на 2 шт. по обоим сортам.

Обработка семян биопрепаратом Реликт Р способствовала увеличению массы семян с растения по сорту Спартак на 3,9%, сорту Софья – на 4,0%.

Заключение. Отмечены различия по сортовой отзывчивости на изучаемые приемы. Наибольшее влияние на лабораторную и полевую всхожесть семян оказало приме-

нение смеси препаратов Реликт Р + Редиги ПРО, КС. Лабораторная и полевая всхожесть увеличилась у сорта Спартак соответственно на 5 и 9% по сравнению с контролем, у сорта Софья – на 9 и 4%.

Выявлено стимулирующее действие регулятора роста Реликт Р и защитное действие системного протравителя Редиги ПРО, КС, что в конечном итоге способствовало повышению урожайности обоих сортов гороха.

У сорта Спартак выявлена более активная отзывчивость на обработку семян биостимулятором Реликт Р, смесью биостимулятора и протравителя Реликт Р + Редиги ПРО, КС и обработку по вегетации Реликт Р в фазу бутонизации - начала цветения по сравнению с сортом Софья. Прибавка урожайности по вариантам варьировала в пределах 13,3-33,3%. У сорта Софья – 16,5-18,5%. Однако сорт Софья по урожайности превзошел сорт Спартак, т.е. в природно-климатических условиях Орловской области способен реализовать генетический потенциал урожайности в большей степени, чем сорт Спартак.

Обработка семян только системным фунгицидом Редиги ПРО, КС является недостаточно эффективным приемом повышения урожайности гороха обоих сортов, т.к. прибавка по сорту Спартак составила 6,7%, по сорту Софья – 8,5%.

Библиография

1. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2011. 293 с.
2. Мухортов С.Я., Ноздрачева Р.Г. Оптимизация функционирования агроценозов гороха // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 1 (72). С. 82-89.
3. Вьюник А.В., Порсев И.Н., Половникова В.В., Суботин И.А. Болезни, передающиеся с семенами гороха посевного, и меры борьбы с ними в условиях Зауралья // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 1 (37). С. 3-9.
4. Кривошеев С.И., Шумаков В.А., Гаврилова Т.В. Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами и микроудобрениями на посевные качества и урожайность различных сортов гороха // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 6. С. 40-44.
5. Кривошеев С.И., Шумаков В.А. Посевные качества и урожайность озимой пшеницы при предпосевной обработке семян биопрепаратами и микроудобрением // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 5. С. 34-38.
6. Вильдфлуш И.Р., Малашевская О.В. Влияние макро-, микроудобрений, регуляторов роста и ризобияльного инокулянта на урожайность и качество семян посевного гороха // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 1 (60). С. 228-237.

7. Малашевская О.В. Агроэкономическая оценка применения удобрений, ризобиального инокулянта и регуляторов роста на посевном горохе // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 130-134.
8. Ерохин А.И., Павловская Н.Е. Предпосевная обработка семян гороха препаратом на основе лектинов зернобобовых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 2 (22). С. 42-46.
9. Ерохин А.И. Эффективность предпосевной подготовки семян гороха к посеву с применением препарата гумат +7 // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 1 (37). С. 14-19.
10. Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Латынцева Е.В. Эффективность применения экологически безопасных препаратов для предпосевной обработки семян гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 3 (43). С. 20-25.
11. Ерохин А.И., Цуканова З.Р., Латынцева Е.В. Влияние совместного применения препаратов Биостим старт, фунгицида Скарлет, МЭ и Эмистима на посевные качества семян гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (24). С. 49-53.

References

1. The effectiveness of the use of microfertilizers and growth regulators in the cultivation of agricultural crops / I.R. Wildflusch [i dr.]. – Minsk : Belarus. Navuka, 2011. 293 p.
2. Mukhortov S.Ya., Nozdracheva R.G. Optimization of the functioning of pea agrocenoses // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2022. V. 15. № 1 (72). Pp. 82-89.
3. Vyunik A.V., Porsev I.N., Polovnikova V.V., Subbotin I.A. Diseases transmitted with the seeds of peas, and measures to combat them in the conditions of the Trans-Urals // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2021. № 1 (37). Pp. 3-9.
4. Krivosheev S.I., Shumakov V.A., Gavrilova T.V. Influence of presowing treatment of seeds with biological preparations and microfertilizers on sowing qualities and productivity of various pea varieties // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 6. P. 40-44.
5. Krivosheev S.I., Shumakov V.A. Sowing qualities and productivity of winter wheat during pre-sowing treatment of seeds with biological products and microfertilizers // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2019. № 5. S. 34-38.
6. Wildflusch I.R., Malashevskaya O.V. Influence of macro- and microfertilizers, growth regulators and rhizobial inoculant on the yield and quality of pea seeds // Eurasian Soil Science and Agrochemistry. 2018. № 1 (60). Pp. 228-237.
7. Malashevskaya O.V. Agro-economic assessment of the use of fertilizers, rhizobial inoculant and growth regulators on peas. Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2021. № 1. P. 130-134.
8. Erokhin A.I., Pavlovskaya N.E. Pre-sowing treatment of pea seeds with a preparation based on lectins of leguminous crops // Leguminous and cereal crops. 2017. № 2 (22). Pp. 42-46.
9. Erokhin A.I. Efficiency of pre-sowing preparation of pea seeds for sowing with the use of the preparation humate + 7 // Leguminous and cereal crops. 2021. № 1 (37). Pp. 14-19.
10. Erokhin A.I., Tsukanova Z.R., Latyntseva E.V. The effectiveness of the use of environmentally friendly preparations for pre-sowing treatment of pea seeds // Leguminous and cereal crops. 2022. № 3 (43). Pp. 20-25.
11. Erokhin A.I., Tsukanova Z.R., Latyntseva E.V. Influence of the combined use of preparations Biostim start, fungicide Scarlet, ME and Emistima on the sowing qualities of pea seeds // Leguminous and cereal crops. 2017. № 4 (24). Pp. 49-53.

Сведения об авторах

Светлана Викторовна Резвякова, доктор с.-х. наук, доцент, заведующая кафедрой защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», e-mail: lana8545@yandex.ru;

Ахмадбек Кубодбекович Асадбеков, научный сотрудник «ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур», аспирант ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», e-mail: ahmadasadbekov@mail.ru;

Зоя Романовна Цуканова, кандидат с.-х. наук, заведующая лабораторией семеноведения и первичного семеноводства, «ФГБНУ ФНЦ зернобобовых и крупяных культур», заслуженный работник сельского хозяйства РФ.

Information about authors

Svetlana Viktorovna Rezvyakova, Doctor of Agricultural Sciences Sci., Associate Professor, Head of the Department of Plant Protection and Ecotoxicology, Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina, e-mail: lana8545@yandex.ru;

Akhmadbek Kubodbekovich Asadbekov, Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops», Postgraduate Student of the Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina, e-mail: ahmadasadbekov@mail.ru;

Zoya Romanovna Tsukanova, Ph.D. Sci., Head of the Laboratory of Seed Science and Primary Seed Growing of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops», Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПО КОМПЛЕКСУ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

Аннотация. Создание новых, высокопродуктивных сортов озимого ячменя, устойчивых к ряду неблагоприятных факторов – один из основных способов, повышения его урожайности. Целью наших исследований было выявление наиболее перспективных селекционных линий, а также их рекомендация для дальнейшего изучения в питомнике предварительного сортоиспытания. В качестве стандартов были приняты 2 сорта Стратег и Иосиф, относительно которых анализировались 6 селекционных линий. В питомнике конкурсного сортоиспытания, расположенного на территории УОХ «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, где были высеяны анализируемые образцы, проводили оценки по продолжительности вегетационного периода, поражаемости основными болезнями. Учитывали высоту растений, количество продуктивных стеблей на одном квадратном метре, число зерен в колосе, массу 1000 зерен и урожайность. Результаты исследований позволили выделить две наиболее перспективные линии КА 7/Кондрат и (Рубеж/Вайзер)/Гордей урожайность которых превысила показатели обоих стандартов. На посевах линии КА 7/Кондрат было зафиксировано наибольшее увеличение урожайности относительно сортов Стратег и Иосиф на 2,21 и 1,34 т/га соответственно. Линия (Рубеж/Вайзер)/Гордей показала урожайность на 1,85 т/га выше сорта Стратег и на 0,98 т/га выше сорта Иосиф. Также обе линии показали высокие значения по числу колосоносных побегов и озерненности колоса, проявили устойчивость к мучнистой росе, карликовой ржавчине и сетчатому гельминтоспориозу. Линия (Рубеж/Вайзер)/Гордей характеризовалась также высокой выполненностью зерновок. Настоящая положительная динамика позволяет рекомендовать продолжить изучение селекционных линий КА 7/Кондрат и (Рубеж/Вайзер)/Гордей в питомнике предварительного сортоиспытания.

Ключевые слова: озимый ячмень, сортоиспытания, сорт, селекционная линия, фенологические наблюдения, поражаемость болезнями, урожайность.

COMPARATIVE EVALUATION OF PERSPECTIVE BREEDING LINES OF WINTER BARLEY BY THE COMPLEX ECONOMIC-VALUABLE FEATURES

Abstract. The creation of new, highly productive varieties of winter barley, resistant to a number of adverse factors, is one of the main ways to increase its yield. The purpose of our research was to identify the most promising breeding lines, as well as their recommendation for further study in the nursery of preliminary variety testing. As standards, 2 varieties Strateg and Iosif were taken, against which 6 breeding lines were analyzed. In the nursery of the competitive variety testing, located on the territory of the UOH "Kuban" FSBEI HE Kuban State Agrarian University, where the analyzed samples were sown, estimates were made for the duration of the growing season, the susceptibility to major diseases. The height of plants, the number of productive stems per square meter, the number of grains per spike, the weight of 1000 grains, and the yield were taken into account. The results of the research made it possible to identify the two most promising lines KA 7/Kondrat and (Rubezh/Vaiser)/Gordey, the yield of which exceeded both standards. On the crops of the KA 7/Kondrat line, the largest increase in yield was recorded relative to the Strateg and Iosif varieties by 2.21 and 1.34 t/ha, respectively. The line (Rubezh/Vaiser)/Gordey showed a yield of 1.85 t/ha higher than the Strateg variety and 0.98 t/ha higher than the Joseph variety. Also, both lines showed high values for the number of spike-bearing shoots and grain content of the ear, showed resistance to powdery mildew, dwarf rust and net helminthosporiasis. The line (Rubezh/Vaiser)/Gordey was also characterized by high performance of caryopses. This positive dynamics allows us to recommend continuing the study of the breeding lines KA 7/Kondrat and (Rubezh/Vaiser)/Gordey in the nursery of preliminary variety testing.

Keywords: winter barley, variety testing, variety, breeding line, phenological observations, disease susceptibility, yield.

Введение. Ячмень – одна из наиболее распространенных и значимых сельскохозяйственных культур как на территории Российской Федерации, так и во всем мире. Благодаря сочетанию в себе комплекса ценных признаков он широко используется в кормопроизводстве, изготовлении солода и круп, применяется в косметологии и медицине [1].

Согласно историческим сведениям, ячмень известен человечеству с древних времен, однако его селекция началась лишь в середине 19 века. Активная работа агрономов по созданию новых высокопродуктивных сортов не прекращается и в наши дни [2]. Так, в настоящее время в «Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации» включено более 300 сортов ячменя, из которых озимые формы составляют около 15%, что позволяет сделать вывод о большом потенциале генофонда озимого ячменя для его дальнейшей селекции.

Озимый ячмень потенциально более урожаен, по сравнению с яровым, однако регионы его произрастания строго ограничены климатическими условиями [3]. Именно поэтому экономически важно создавать и рекомендовать к возделыванию сорта с высоким уровнем зимостойкости, урожайным потенциалом и качеством зерна, устойчивостью к полеганию и наиболее распространенным болезням, что делает их наиболее конкурентоспособными [4].

Достижение этих целей требует titанического труда селекционеров и не один год исследований, ведь создание нового сорта достаточно долгий и трудоемкий процесс, требующий сочетания комплексных подходов и методов [5].

Цели и задачи. Целью наших исследований была комплексная оценка селекционных линий озимого ячменя контрольного питомника и определение лучших из них для дальнейшего изучения в питомнике предварительного сортоиспытания.

Объекты и методы. Исходным материалом для проведения исследований послужили селекционные константные линии озимого ячменя КП ЦИК. Полевые опыты закладывались согласно методике ФГБУ «Государственная комиссия по испытанию и охране селекционных достижений» (далее – Госкомиссия) по предшественнику подсолнечник. Для посева делянок использовали сеялку «Клен-1,5 С». Стандарты высевались через каждые 10 номеров.

Анализируемые образцы озимого ячменя были высеяны на участке конкурсного сортоиспытания учебно-опытного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета, расположенного в границах станции Елизаветинской.

В питомнике проводили ряд фенологических наблюдений и селекционных оценок по следующим показателям: высота растений, продолжительность вегетационного пери-

ода, поражаемость основными болезнями, подсчет количества продуктивных стеблей на одном квадратном метре, числа зерен в колосе, массы 1000 зерен, определение урожайности. Уборка урожая проводилась в фазу полной спелости зерна с использованием комбайна «Сампо 2010».

Для сравнительной оценки выбрано 6 перспективных селекционных линий, в качестве стандартов 2 сорта Стратег и Иосиф.

Выбор стандартов объясняется следующим: Стратег – сорт ботанической разновидности *parallelum*, является официально принятым Госкомиссией стандартом для испытываемых образцов озимого ячменя на территории Краснодарского края и наиболее распространен в производстве. В дополнение к нему, для корректной оценки селекционных линий, было принято решение включить в выборку еще один стандарт, не менее известный сельхозтоваропроизво-

дителям, но имеющий другую ботаническую разновидность – *pallidum*, таковым стал Иосиф.

Статистическая обработка полученных данных проводилась согласно методике Доспехова [6].

Результаты и их обсуждение. Результаты проведения фенологических наблюдений селекционных линий озимого ячменя и оценки поражаемости их основными болезнями, представлены к рассмотрению в таблице 1.

Анализируя высоту растений, следует помнить, что этот показатель крайне важен для культуры ячменя в целом и озимых форм в частности. От него напрямую зависит урожайность. Так низкорослые формы более устойчивы к полеганию, а высокорослые сорта, особенно при использовании интенсивной технологии возделывания, склонны к полеганию. Полегшие посевы, чаще поражаются болезнями, не могут сформировать полноценное зерно и получить из почвы весь комплекс необходимых питательных веществ [7].

Таблица 1 – Результаты проведения фенологических наблюдений селекционных линий озимого ячменя и оценки поражаемости основными болезнями (Кубанский ГАУ, 2022 г.)

Сорт / линия	Высота растений, см	Вегетационный период, дней	Поражаемость, %		
			мучнистая роса	сетчатый гельминтоспориоз	карликовая ржавчина
Стратег (ст.)	99,0	242	5	5	5
Иосиф (ст.)	128,0	245	3	10	3
КА 4/Гордей	124,0	239	3	3	3
КА 7/Кондрат	118,0	239	2	3	2
(Рубеж/Вайзер)/Гордей	130,0	236	3	3	2
Спринтер/Гордей	101,0	238	3	10	3
КА 7/Спринтер	112,5	235	0	10	3
(Хут/Кариока)/SZD-7385	124,5	237	3	5	3

Сравнивая высоту растений стандартных сортов необходимо отметить, что сорт Иосиф, согласно классификации ВИР, относится к группе высокорослых, и в нашем опыте выше растений сорта Стратег в среднем на 29 см.

Как видно из представленной таблицы анализируемые линии по высоте растений разделились на две группы в равных соотношениях: высокорослые (более 120 см) и среднерослые (100,1-120 см). Самой высокорослой стала линия (Рубеж/Вайзер)/Гордей, ее высота составила 130 см, что превышает показатели Иосифа на 2 см и Стратега на 31 см. Высота линий (Хут/Кариока)/SZD-7385 и КА 4/Гордей находилась на одном уровне и составила 124,5 и 124 см, что ниже показателей Иосифа на 4-4,5 см и выше Стратега на 25-25,5 см.

В группу среднерослых вошли селекционные линии: КА 7/Кондрат, КА 7/Спринтер и Спринтер/Гордей. Линия Спринтер/Гордей по высоте растений оказалась наиболее приближена к Стратегу, превысив его всего на 2 см, при этом ниже Иосифа на 27 см. Линия КА 7/Кондрат оказалась близка по своим значениям к высокорослым сортам и составила 118 см. Линия КА 7/Спринтер показала среднее значение относительно двух стандартов, оказалась выше Стратега на 13,5 см и ниже Иосифа на 15,5 см.

Рассматривая продолжительность вегетационного периода, который представляет собой сумму отрезков времени, необходимых для прохождения отдельных стадий в развитии растений, следует отметить, что настоящий признак, как и высота растений, тесно связан с температурным и водным режимами каждого отдельного года [8]. Озимый ячмень по этому признаку имеет преимущество перед яровым, так как более продуктивно использует ранневесеннюю почвенную влагу для формирования колоса и налива зерна до наступления летней засухи [9].

Анализ полученных данных позволил нам сделать вывод о группе спелости исследуемых селекционных линий и сравнить их со стандартами. Из таблицы 1 следует, что в условиях опыта стандартные сорта Стратег и Иосиф были нами отнесены к группе среднеспелых, а селекционные линии к среднеранним формам. При этом вегетационный период селекционной линии КА 7/Спринтер был самым коротким, короче, чем у стандартных образцов, Иосифа на 10 дней и Стратега на 7 дней. Период вегетации остальных гибридных линий варьировался от 236 до 239 дней.

Еще одним признаком, играющим важную роль в оценке гибридных линий, является устойчивость к болезням. В наших опытах проводилась оценка поражаемости всех высеванных образцов мучнистой росой, сетчатым гельминтоспориозом и карликовой ржавчиной. Каждый из этих патогенов способен погубить посевы и свести на нет все трудовые и финансовые затраты. Поэтому ученые ведут направленную селекцию, в том числе на устойчивость к наиболее распространенным болезням [10].

Поражаемость мучнистой росой стандартных сортов составила: Стратег 5%, Иосиф 3%. Селекционная линия КА 7/Спринтер показала полную устойчивость к данному патогену, и всего 2% посевов линии КА 7/Кондрат были поражены мучнистой росой. Процент поражения других гибридных линий остался на уровне сорта Иосиф.

Оценка поражаемости посевов сетчатым гельминтоспориозом не выявила полностью устойчивых форм. Так посевы сорта Иосиф были поражены данным патогеном на 10%, как и линий КА 7/Спринтер и Спринтер/Гордей. Поражаемость линии (Хут/Кариока)/SZD-7385 была на уровне стандартного сорта Стратег и составила 5%. Положительные результаты наблюдались на посевах линий (Рубеж/Вайзер)/Гордей, КА 4/Гордей и КА 7/Кондрат, процент

поражения которых оказался на 2% меньше, чем у Стратега и на 7% меньше, чем у Иосифа.

Третьим патогеном, поражаемость испытуемых форм, которым мы оценивали, была карликовая ржавчина. И больше других был подвержен ему стандартный сорт Стратег, посевы которого были поражены на 5%. Гибридные комбинации КА 7/Кондрат и (Рубеж/Вайзер)/Гордей поразились всего на 2%, что на 1% меньше, чем у Иосифа и на 3% чему Стратега. Процент поражения линий (Хут/Кариока)/SZD-7385, КА 4/Гордей, КА 7/Спринтер и Спринтер/Гордей был таким же как у Иосифа и составил 3%.

Таблица 2 – Урожайность селекционных линий озимого ячменя и элементы ее составляющие (Кубанский ГАУ, 2022 г.)

Сорт / линия	Количество продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, т/га	± к стандарту	
					Стратег	Иосиф
Стратег (ст.)	401,0	58,0	39,8	8,36		
Иосиф (ст.)	454,8	58,6	40,9	9,23		
(Хуторок/Кариока)/SZD-7385	511,5	51,6	41,5	10,14	1,78	0,91
КА 7/Кондрат	472,5	63,6	40,0	10,57	2,21	1,34
(Рубеж/Вайзер)/Гордей	458,5	58,2	42,8	10,21	1,85	0,98
Спринтер/Гордей	451,5	55,2	45,2	10,04	1,68	0,81
КА 4/Гордей	434,9	62,4	41,2	10,08	1,72	0,85
КА 7/Спринтер	434,5	67,8	40,7	10,10	1,74	0,87
НСР 05				0,38		

Анализируя среднее количество продуктивных стеблей на 1 м² следует отметить, что стандартный сорт Стратег показал самое меньшее значение, у насчитывалось до 400 продуктивных стеблей на 1 м², следовательно, все анализируемые гибридные линии превысили его по данному признаку. На посевах сорта Иосиф было насчитано до 455 растений, 1 м². Селекционные линии (Рубеж/Вайзер)/Гордей и Спринтер/Гордей оказались по настоящему признаку на уровне стандартного сорта Иосиф. У них продуктивный стеблестой был в пределах 458,5 и 451,5 шт. соответственно. Наибольшее количество продуктивных стеблей на квадратном метре сформировали линии (Хуторок/Кариока)/SZD-7385 и КА 7/Кондрат на 56,7 и 17,7 растений превысив данные стандарта. Среднее количество продуктивных стеблей на 1 м² гибридных линий КА 4/Гордей и КА 7/Спринтер было ниже стандартного сорта Иосиф на 20 растений.

Число зерен в колосе имеет важное значение. Продуктивные стебли формируют колос, который может быть коротким или длинным. Соответственно, чем длиннее колос, тем больше его озерненность и потенциальный выход зерна.

Анализ полученных данных при подсчете числа зерен в колосе показал, что значение признака варьировало в границах от 51,6 до 67,8 зерен. При этом, линии КА 7/Спринтер, КА 7/Кондрат, КА 4/Гордей превзошли показатели стандартов. Селекционная линия (Рубеж/Вайзер)/Гордей заняла промежуточное значение между сортами Стратег и Иосиф. Число зерен в колосе у линий Спринтер/Гордей и (Хуторок/Кариока)/SZD-7385 оказалось ниже относительно стандартных сортообразцов.

Оценивая массу 1000 зерен следует отметить, что это один из ключевых компонентов, составляющих урожайность. Он характеризует крупность и выполненность зерновки, являясь достаточно стабильным сортовым признаком. При этом погодно-климатические условия 2021-2022 сельскохозяйственного года не позволили изучаемой выборке озимого ячменя проявить потенциально возможное выражение настоящего признака.

Проанализировав изучаемые образцы по высоте растений, продолжительности вегетационного периода и поражаемости основными патогенами, сделать выводы о рекомендации к передаче их на производственное сортоиспытание было бы некорректно. Так как конечным показателем, на который опирается Госкомиссия при принятии решения о районировании, является урожайность. Анализ продуктивности перспективных селекционных линий озимого ячменя представлен в таблице 2.

В нашем опыте анализируемые образцы существенно отличались по массе 1000. Так, стандартный сорт Стратег показал самых низкий результат – 39,8 г. Иосиф же превысил массу сорта Стратег на 1,1 г. Промежуточное значение между двух стандартов имели селекционные линии КА 7/Спринтер и КА 7/Кондрат. Прирост массы относительно стандартов наблюдался у четырех линий: Спринтер/Гордей, (Рубеж/Вайзер)/Гордей, (Хут/Кариока)/SZD-7385, КА 4/Гордей. С лучшим результатом среди них выделилась гибридная линия Спринтер/Гордей, сформировавшая массу 1000 зерен на 5,4 г больше о сорта Стратег.

Таким образом, проанализировав все представленные выше показатели анализируемых структурных признаков, можно переходить к рассмотрению урожайности, которая играет для производителя ключевую роль при подборе сорта для посева и его дальнейшей востребованности.

Из таблицы 2 видно, что все изучаемые селекционные линии сформировали урожайность выше стандартных сортов. Настоящий факт позволяет говорить об их потенциальной перспективности. Однако, наибольшее увеличение урожайности относительно сортов Стратег и Иосиф на 2,21 и 1,34 т/га соответственно, наблюдалось у линии КА 7/Кондрат. Посевы линии (Рубеж/Вайзер)/Гордей показали урожайность на 1,85 т/га выше сорта Стратег и на 0,98 т/га выше сорта Иосиф. Прирост урожайности остальных образцов варьировал относительно сорта Стратег от 1,68 до 1,85 т/га, относительно сорта Иосиф от 0,81 до 0,98 т/га.

Заключение и выводы. Изучив всю выборку по комплексу хозяйственно-ценных признаков, с лучшими показателями нами выделены 2 селекционные линии КА 7/Кондрат и (Рубеж/Вайзер)/Гордей.

Линия КА 7/Кондрат показала наибольшее превышение обоих стандартов по урожайности, высокие значения по числу колосоносных побегов и озерненности колоса, а также устойчивости к мучнистой росе, карликовой ржавчине и сетчатому гельминтоспориозу.

Линия (Рубеж/Вайзер)/Гордей, в отличие от КА 7/Кондрат, характеризовалась большей устойчивостью к сетчатому гельминтспорозу и выполненностью зерновок.

Исходя из вышесказанного, рекомендуется продолжить изучение выделившихся линий в питомнике предварительного сортоиспытания.

Библиография

1. Репко Н.В., Смирнова Е.В., Сухинина К.В., Коблянский А.С. Ретроспективный анализ сортов озимого ячменя, созданных на юге России. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 347-365.
2. Репко Н.В., Сухинина К.В., Сердюков Д.Н., Смирнова Е.В., Шалапин В.В. Динамика мирового производства ячменя. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 179. С. 222-231.
3. Newman C.W., Gguire C.F. Nutritional quality of barley. – Madison : American Society of Agronomy, 1985. – P. 403-456.
4. Романенко, А.А. История и итоги селекции ячменя в Краснодарском НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Современные принципы и методы селекции ячменя: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2007. – С. 3-6.
5. Anderson, M.K., Reinbergs E. Barley breeding. Barley. – Wisconsin, 1985. – P. 232-268.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 416 с.
7. Шевцов В.М., Радионов А.И., Блошко Н.И. Реакция новых сортов озимого ячменя на нормы высева и сроки сева на Кубани. – Краснодар // Тр. КубГАУ. – № 15. – 2008. – С. 77-82.
8. Лукомец, В.М. Повышение продуктивности озимого и ярового ячменя на черноземах западного предкавказья: автореф. дис. д-ра с.-х. наук. – Краснодар, 2004. – 45 с.
9. Ерешко, А.С. История селекции озимого и ярового ячменя на Дону / А.С. Ерешко // Технология, селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. – Зерноград : АЧГАА, 2004. – С. 42-44.
10. Тихомирова Т.Е., Грунцев Ю.А., Серкин Н.В., Супруненко В.Н. Исходный материал для селекции озимого ячменя на устойчивость к болезням. Науч. тр. КНИИСХ. – Краснодар, 1999. – С. 133-137.

References

1. Repko N.V., Smirnova E.V., Sukhinina K.V., Koblyansky A.S. Retrospective analysis of winter barley varieties developed in the south of Russia. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 123. P. 347-365.
2. Repko N.V., Sukhinina K.V., Serdyukov D.N., Smirnova E.V., Chaliapin V.V. Dynamics of world production of barley. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2022. № 179. S. 222-231.
3. Newman C.W., Gguire C.F. Nutritional quality of barley. – Madison : American Society of Agronomy, 1985. – P. 403-456.
4. Romanenko, A.A. History and results of barley breeding in the Krasnodar Research Institute of Agriculture. P.P. Lukyanenko. Modern principles and methods of barley breeding: Sat. tr. Inter-dunar. scientific-practical. conf. – Krasnodar, 2007. – S. 3-6.
5. Anderson, M.K., Reinbergs E. Barley breeding. Barley. – Wisconsin, 1985. – P. 232-268.
6. Dospekhov B.A. Methods of field experience. – M. : Kolos, 1985. – 416 p.
7. Shevtsov V.M., Radionov A.I., Bloskko N.I. Reaction of new varieties of winter barley to seeding rates and sowing dates in the Kuban. – Krasnodar // Tr. KubGAU. – № 15. – 2008. – P. 77-82.
8. Lukomets, V.M. Increasing the productivity of winter and spring barley on the chernozems of the Western Ciscaucasia: author. dis. dr. s.-x. Sciences. – Krasnodar, 2004. – 45 p.
9. Ereshko, A.S. The history of selection of winter and spring barley on the Don / A.S. Ereshko // Technology, breeding and seed production of agricultural crops: Sat. scientific tr. – Zernograd : ACHGAA, 2004. – S. 42-44.
10. Tikhomirova T.E., Gruntsev Yu.A., Serkin N.V., Suprunenko V.N. Initial material for selection of winter barley for disease resistance. Scientific tr. / KNIISH. – Krasnodar, 1999. – S. 133-137.

Сведения об авторах

Сухинина Ксения Вадимовна, ассистент кафедры генетики, селекции и семеноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация, тел.: 89094572434, e-mail: kseniya_nosenko@mail.ru;

Репко Наталья Валентиновна, доктор с.-х. н., профессор, заведующий Центром искусственного климата, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация, тел.: 89615875046, e-mail: natalja.repko@yandex.ru;

Сердюков Дмитрий Николаевич, аспирант, старший научный сотрудник Центра искусственного климата, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация, тел.: 89385152338, e-mail: dm.serdyukov@bk.ru;

Смирнова Елизавета Валерьевна, кандидат биологических наук, ведущий специалист по вопросам селекции и семеноводства, ООО «Агростандарт», г. Краснодар, Российская Федерация, тел.: 89182302357, e-mail: pashkunova_elizaveta@mail.ru;

Шалапин Владимир Владимирович, аспирант, старший инженер Центра искусственного климата, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация, тел.: 89384838496, e-mail: ubbaat@yandex.ru;

Назаренко Лев Викторович, директор учебно-опытного хозяйства «Кубань», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Российская Федерация, тел.: 89186563170, e-mail: garnazz@mail.ru.

Information about authors

Sukhinina Ksenia Vadimovna, Assistant of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russian Federation, tel.: 89094572434, e-mail: kseniya_nosenko@mail.ru;

Repko Natalya Valentinovna, Doctor of Agricultural Sciences Sc., Professor, Head of the Center for Artificial Climate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russian Federation, tel.: 89615875046, e-mail: natalja.repko@yandex.ru;

Serdyukov Dmitry Nikolaevich, postgraduate student, senior researcher at the Center for Artificial Climate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russian Federation, tel.: 89385152338, e-mail: dm.serdyukov@bk.ru;

Smirnova Elizaveta Valerievna, Candidate of Biological Sciences, Leading Specialist in Breeding and Seed Production, Ag-rostandart LLC, Krasnodar, Russian Federation, tel.: 89182302357, e-mail: pachkunova_elizaveta@mail.ru;

Shalyapin Vladimir Vladimirovich, postgraduate student, senior engineer of the Center for Artificial Climate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russian Federation, tel.: 89384838496, e-mail: ub6aat@yandex.ru;

Nazarenko Lev Viktorovich, Director of the educational and experimental farm «Kuban», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russian Federation, tel.: 89186563170, e-mail: garnazz@mail.ru.

УДК 634.2:58.085

Х.В. Шарафутдинов, А.Д. Львова, В.В. Чуб, О.Ю. Миронова, А.В. Волков

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ IN VITRO ВИШНИ: ПИТАТЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ И УСЛОВИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ

Аннотация. В статье отражены ботанические, биологические и агрономические особенности выращивания вишни как плодовой культуры, а также причины необходимости ее массового производства. Установлено, что сейчас идет массовое сокращение объемов выращиваемой плодовой культуры. Это связано с изменениями климата и появлением новых болезней растений, которые не только приводят к сокращению урожайности, ухудшению биохимических показателей плодов, но и являются губительными для самого растения. Соответственно приводят к сокращению площадей посадок. Данную проблему можно решить путем вегетативного размножения культуры. В статье приведены способы размножения, один из которых в стерильных условиях на специальных питательных средах. Основная цель – сопоставить условия культивирования вишни различных видов в полевых условиях и разработать технологию клонального микроразмножения на их основе. Для достижения результата отобраны не менее 30 сортов и гибридов вишни, разработана схема проведения опыта (состав питательной среды, количество микро-, макроэлементы, гормонов роста) и этапы (введение в культуру тканей и микроразмножение), предложены условия выращивания растений в культуре (температурный режим, освещение, спектры). В результате было установлено, что стартовыми средами являются питательные среды Мурасиге-Скуга и WPM (Woody plant medium (1980)) с добавлением БАП и ИУК в различных концентрациях, сахароза на уровне 20 г/л. Насыщенная среда негативно оказывает влияние на адаптацию первичных эксплантов к условиям in vitro. В ходе выполнения работы, был определен оптимальный температурный режим - +19°C. Каждый этап технологии клонального микроразмножения растений может быть разработан на данных технологий открытого и защищенного грунта.

Ключевые слова: вишня, питательная среда, in vitro, агрономия, технология размножения, культивирование.

PREDICTION OF IN VITRO REPRODUCTION TECHNOLOGY OF CHERRY: NUTRIENT MEDIA AND CULTIVATION CONDITIONS ON THE BASIS OF GROWING AGROTECHNOLOGY

Abstract. The article reflects the botanical, biological and agronomic features of growing cherries as a fruit crop, as well as the reasons for the need for its mass production. It has been established that now there is a massive reduction in the volume of cultivated fruit crops. This is due to climate change and the emergence of new plant diseases, which not only lead to a reduction in yield, deterioration in the biochemical parameters of fruits, but are also detrimental to the plant itself. Accordingly, they lead to a reduction in planting areas. This problem can be solved by vegetative propagation of the culture. The article presents methods of reproduction, one of which is under sterile conditions on special nutrient media. The main goal is to compare the conditions of cultivation of cherries of different species in the field and to develop a technology for clonal micropropagation based on them. To achieve the result, at least 30 varieties and hybrids of cherries were selected, a scheme for conducting the experiment (composition of the nutrient medium, the amount of micro-, macroelements, growth hormones) and stages (introduction into tissue culture and micropropagation) was developed, conditions for growing plants in culture were proposed (temperature regime, illumination, spectra). As a result, it was found that the starting media are Murashige-Skoog and WPM (Woody plant medium (1980)) with the addition of BAP and IAA in various concentrations, sucrose at the level of 20 g/l. A saturated environment negatively affects the adaptation of primary explants to in vitro conditions. In the course of the work, the optimal temperature regime was determined - +19°C. Each stage of the technology of clonal micropropagation of plants can be developed on the basis of these open and protected ground technologies.

Keywords: cherry, nutrient medium, in vitro, agronomy, reproduction technology, cultivation.

Введение. Вишня – одна из важных плодовых культур для России, которая в XX веке занимала 2-е место по территории выращивания после яблони. Однако, времена меняются, и плод, который употребляли в пищу с XI века (упоминания в летописях) в XXI веке в Россию, массово завозят из Канады и Восточной Европы.

Сокращение площадей вишневых садов связано не только с экономическими затратами, трудоемкостью сбора, но и с появлением на территории РФ новых болезней, например, коккомикозом, изменением климатических условий, в том числе резких колебаний температуры.

Анализируя литературные и полевые данные за последние 20 лет, можно сделать вывод о малом использовании агрономических наработок и технологий выращивания вишни в полевых условиях для клонального микроразмножения вишни.

Вишня в зависимости от вида представлена деревьями и кустарниками. Кусты вишни могут вырастать до 3,0-3,5 м и формироваться одним-тремя стволами. Самыми востребованными в садоводстве являются растения вишни, штамбы которых достигают 0,5 м, позволяющие легко собирать урожай. Древовидные вишни вырастают до 5 м в высоту, их формируют в один ствол. Востребованность плодов вишни в настоящий момент высока, так как они богаты кислотами, витаминами, пектинами и другими веществами. Технология возделывания вишни усложнена тем, многие виды растения

не могут самоопыляться, для появления завязей необходима пыльца с других деревьев или кустов. Однако, существуют некоторые самоопыляющиеся и полусамоопыляющиеся сорта. К ним относят растения разновидностей Норд Стар, Шоколадница, Любская, Встреча и другие.

Технология выращивания вишни в условиях открытого грунта рекомендует: почва - супесчаная, слабокислая, суглинистая и легкая. Независимо от сорта вишни будет давать хороший урожай на освещенных территориях, лучшее расположение плантации на юг или юго-запад. Культура подвержена вымоканию и гниению при близком расположении грунтовых вод. Количество органических и минеральных удобрений подбирают в зависимости от типа и плодородия грунтов. При подготовке плантаций к посадке вишни в верхние слои земли вносят органические удобрения и известь. При посадке саженцев на кислые почвы, количество извести увеличивают. Минеральные удобрения вносят отдельно, не смешивая с органическими, дозы на 1 кв.м – суперфосфата – 20 г, хлористый калий 25 г. В качестве органических удобрений рекомендуется применять навоз КРС, птичий помет. После цветения необходимо провести опрыскивание растений вишни мочевиной из расчета дозы 4 г на 1 л воды. В весенне-летний период активного роста вишни ростовые почки следующего года вместе с цветочными закладываются по всей длине формирующегося побега. На сильных побегах формируются групповые

почки только при благоприятных условиях: двойные и тройные, цветковые в сочетании с ростовыми или одни цветковые. С возрастом, когда приросты слабеют, ростовые почки формируются только на концах побегов.

В настоящее время выделяют несколько способов размножения различных видов и сортов вишни: черенками; косточками; порослью; прививкой, зелеными черенками. Размножение вишни зелеными черенками является самым легким и простым в питомниководстве. Для этого черенки нарезают в начале июня в период замедления активного роста, и начинается одревеснение побегов. Побеги нарезают длиной до 25-30 см в прохладную погоду утром или вечером. До работ срезанные черенки ставят в воду. Готовый черенок имеет 2-3 листовых пластики и 3 см длины после нижней почки. Нижний срез классический под углом 45 градусов. Верхний срез черенка производится под углом 90 градусов в 1 см над верхней почкой. Для быстрого укоренения перед помещением в субстрат черенки помещают в раствор стимуляторов роста (ИУК, ИМК) на 12-18 часов или припудривают корневином. Субстрат для укореняемых черенков должен быть слабокислый или нейтральный, влагопроницаемый и воздухопроницаемый. Важным фактором для инициации корневой системы у черенков является температурный режим. Оптимальный диапазон температур – 25-30°C, влажность – 80-100%. По литературным данным корни у черенков вишни формируются через 18-40 дней в зависимости от сорта (1).

Цель исследования: сопоставить условия культивирования вишни различных видов в полевых условиях и разработать технологию клонального микроразмножения на их основе.

Материалы и методы. Объекты исследований: не менее 30 сортов и гибридов, включая Владимирская, Апухтинская, Памяти Еникеева, Память Евстратову, молодежная, Норд стар, Брюнетка, Волочаевская, Светлая острейко, Черешневая, Ассоль и т.д.

Введение в культуру тканей. Первичные экспланты в культуру тканей вводили одревесневшими и зелеными молодыми побегами вишни и ее гибридов с февраля по август. Исходный материал был предоставлен российскими питомниками. Первым шагом в стерилизации было обеззараживание мыльным раствором в течение 15 мин, затем промывали в проточной воде, далее помещали побеги в 0,1%-й раствор сулемы (от 1 до 15 мин в зависимости от степени одревеснения), последний шаг – промывание стерильной дистиллированной водой. Побеги помещали на жидкие питательные среды для инициации развития пазушных почек. В работе использовали питательные среды на основе среды Мурасиге-Скуга (1962) и WPM (woody plant medium (1980)) с добавлением сахарозы от 15 до 30 г/л, применяли фиторегуляторы- кинетин, 6-БАП, гиббериллин, ИМК, ИУК и т.д.

Этап микроразмножения. В работе на данном этапе применяли питательные среды МС и WPM с добавлением фиторегуляторов - кинетин, 6-БАП, гиббериллин, ИМК, ИУК и т.д.

Условия культивирования: температура +19-21°C, световой фотопериод – 12 ч день/12 ч ночь, качество освещения – светодиодное освещение, 3.500 К, полный спектр.

Результаты исследований. Анализ данных из открытых источников показал несколько важных моментов: отсутствие промышленного производства микрорастений вишни и ее гибридов в России и стран СНГ, отсутствие банка микрорастений вишни, высокая фитопатогенная обстановка и т.д.

Анализируя литературные данные по разработанным ранее технологиям клонального микроразмножения вишни, можно сделать вывод о неиспользовании наработок в технологиях открытого грунта. При чтении технологии выра-

щивания и размножения вишни в открытом грунте можно сделать несколько выводов:

1. Нейтральный или слабокислый грунт, следовательно, питательная среда также должна быть с такой же рН.

2. Плотность субстрата легкая, следовательно, плотность агара должна быть на уровне стандарта.

3. Освещение должно быть полноспектральным и с хорошей интенсивностью, предположительно на уровне 4.000 К с добавлением красных светодиодов.

4. Температурный режим на уровне +18-22°C.

5. Хорошо реагирует на добавление органических и минеральных компонентов.

Таким образом, стартовыми средами были выбраны питательные среды Мурасиге-Скуга и WPM (Woody plant medium (1980)) с добавлением БАП и ИУК в различных концентрациях, сахароза на уровне 20 г/л.

Самым важным и сложным моментом в нашей работе был этап введения в культуру тканей первичных эксплантов вишни. Предоставленные черенки в период с февраля по май были одревесневшими и содержали большое количество фитопатогенов, а растения из холодильных камер еще паутиного клеща. Такие растения и черенки требовали многоступенчатой подготовки для дальнейшей работы. Интересным фактом стало то, что пораженные и обработанные позднее маточные растения вишни обладали коротким вегетационным периодом, порядка 4 месяцев, затем период покоя составил 4,5 месяца и далее опять наступил вегетационный период, при этом условия выращивания были тепличными. Черенки, предоставленные питомниками в период с июня по август, оказались самыми чистыми в отношении фитопатогенов, что позволило получить качественные первичные экспланты вишни.

В ходе нашей работы было показано, что насыщенная среда негативно оказывает влияние на адаптацию первичных эксплантов к условиям *in vitro*. Использование 100%-й питательной среды МС было исключено из исследований, концентрация основы была снижена до 3/4. Жизнеспособность первичных эксплантов вишни различных сортов возросла до 80% в условиях *in vitro*. По химическому составу среда WPM близка к 3/4 МС, поэтому была добавлена в наши исследования, как питательная среда для древесных культур. Также важными компонентами для древесных и кустарниковых культур являются антиоксиданты, в своей работе мы использовали аскорбиновую кислоту в диапазоне концентраций от 5 до 25 мг/л. Оптимальная концентрация аскорбиновой кислоты составила 15 мг/л, ее сохраняли в дальнейших исследованиях.

По литературным данным цитокинин 6-БАП – это стартовый фиторегулятор во многих работах по разработке технологии клонального микроразмножения древесных и кустарниковых культур, в том числе вишни. Однако, его применение требует внесения в питательную среду дополнительных компонентов, например, гибберелловой кислоты (ГК), активированного или иных компонентов. Применение БАП в концентрации от 0,5 до 2,5 мг/л не дало ожидаемого эффекта по снятию апикального доминирования и прогресса в росте и развитии микрокультуры вишни практически всех исследуемых генотипов даже на этапе введения в культуру. Для увеличения эффективности влияния данного цитокинина было апробировано 2 пути: первый – добавление ГК в концентрации от 0,1 до 1 мг/л, второй – замена на 2-иР. Были протестированы оба варианта, выявлена оптимальная концентрация ГК на морфогенез микрорастений вишни на этапе микроразмножения на уровне 0,5 мг/л при добавлении 1 мг/л БАП. При оптимизации таким образом питательной среды был получен максимальный коэффициент размножения 1:4,5.

В ходе исследований было определен оптимальный температурный режим – это +19°C, при более низких температурах наблюдали торможение роста, а также замедлен-

ную закладку пазушных почек. При температурах выше +23°C первичные экспланты вишни быстро выделяли фенольные соединения, что приводило к гибели всего посадочного материала.

Таким образом, каждый этап технологии клонального микроразмножения растений может быть разработан на данных технологий открытого и защищенного грунта.

Библиография

1. <https://www.agroxxi.ru/plodovo-jagodnye/plodovo-jagodnye-tehnologija-vozdelyvanija/vyraschivanie-vishni.html>
2. Олешко Е.В. Особенности клонального микроразмножения подвоев и сортов вишни: автореферат дис. ... кандидата биологических наук : 03.00.12 / Олешко Елена Владимировна; [Место защиты: Московская ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева]. – Москва, 1985. – 18 с.
3. Высоцкий В.А. Биотехнологические методы в системе производства оздоровленного посадочного материала и селекции плодовых и ягодных растений : автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук : 06.01.07, 03.00.12 / Рос. академия сельскохозяйств. наук. – Москва, 1998. – 44 с.

References

1. <https://www.agroxxi.ru/plodovo-jagodnye/plodovo-jagodnye-tehnologija-vozdelyvanija/vyraschivanie-vishni.html>
2. Oleshko E.V. Peculiarities of clonal micropropagation of rootstocks and cultivars of cherries: Abstract of the thesis. ... candidate of biological sciences: 03.00.12 / Oleshko Elena Vladimirovna; [Place of protection: Moscow Order of Lenin and the Order of the Red Banner of Labor Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev]. – Moscow, 1985. – 18 p.
3. Vysotsky V.A. Biotechnological methods in the system of production of healthy planting material and selection of fruit and berry plants: Abstract of the thesis. ... doctors of agricultural sciences: 06.01.07, 03.00.12 / Ros. academy of agriculture Sciences. – Moscow, 1998. – 44 p.

Сведения об авторах

Шарафутдинов Хасян Вагизович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры декоративного садоводства и газоноведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, 127434, тел.: +7499 976-05-45, e-mail: sharafutdinov@rgau-msha.ru;

Львова Анастасия Дмитриевна, магистр второго года обучения кафедры декоративного садоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, 127434;

Чуб Владимир Викторович, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии растений биологического факультета, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Ленинские горы, 119234, тел.: +7 495 939-21-18, e-mail: choob_v@mail.ru;

Миронова Ольга Юрьевна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией клонального микроразмножения растений биологического факультета, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Ленинские горы, 119234, e-mail: olgmirr@mail.ru;

Волков Андрей Владимирович, генеральный директор ООО НИЦЭР ЭКЗОБИО, г. Москва, ул. Уткина, д. 48, 105275, тел.: +7977 679-17-04, e-mail: a.volkov@exobio.ru.

Information about authors

Sharafutdinov Khasyan Vagizovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Ornamental Gardening and Lawn Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Timiryazevskaya st., 49, 127434, tel.: +7499 976-05-45, e-mail: sharafutdinov@rgau-msha.ru;

Lvova Anastasia Dmitrievna, master of the second year of study of the Department of Ornamental Gardening, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Timiryazevskaya st., 49, 127434;

Chub Vladimir Viktorovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Plant Physiology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University M.V. Lomonosov, Moscow, Leninskiye Gory, 119234, tel.: +7 495 939-21-18, e-mail: choob_v@mail.ru;

Mironova Olga Yurievna, Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Clonal Micropropagation of Plants, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University M.V. Lomonosov, Moscow, Leninskiye Gory, 119234, e-mail: olgmirr@mail.ru;

Volkov Andrey Vladimirovich, General Director of LLC NICER EXOBIO, Moscow, st. Utkina, 48, 105275, phone: +7977 679-17-04, e-mail: a.volkov@exobio.ru.

ХИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Аннотация. При производстве зерна ячменя на территории Белгородской области важное значение уделяется оптимальному питательному режиму и поддержанию посевов в чистом от сорняков состоянии. Для этих целей, а также для защиты культуры от вредителей и болезней современные технологии возделывания ячменя постоянно корректируются в плане применяемых элементов химизации. Для определения влияния отдельных элементов химизации (удобрений, пестицидов) на продуктивность ячменя, фитосанитарное состояние посевов, плодородие почвы была разработана применяемая нами схема опыта. В условиях полевого стационара изучали четыре варианта внесения удобрений и два уровня защиты растений. Исследования проводились на базе ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в 2020-2021 годах. По результатам наших исследований, наибольшая засорённость была отмечена при первом уровне защиты растений (протравливание семян), 117-124 шт./м², при чём удобрения не оказали существенного влияния на данный показатель при первом учёте. Применение органической и органо-минеральной системы удобрения приводило к увеличению засоренности посевов. На вариантах опыта с внесением навоза при применении 2 уровня защиты выявлен самый высокий процент убыли льняного полотна (11,9-12,0%). На делянках с первым уровнем защиты целлюлозоразлагающая активность почвы была разработана применяемая нами схема опыта. В условиях полевого стационара изучали четыре варианта внесения удобрений и два уровня защиты растений. Исследования проводились на базе ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в 2020-2021 годах. По результатам наших исследований, наибольшая засорённость была отмечена при первом уровне защиты растений (протравливание семян), 117-124 шт./м², при чём удобрения не оказали существенного влияния на данный показатель при первом учёте. Применение органической и органо-минеральной системы удобрения приводило к увеличению засоренности посевов. На вариантах опыта с внесением навоза при применении 2 уровня защиты выявлен самый высокий процент убыли льняного полотна (11,9-12,0%). На делянках с первым уровнем защиты целлюлозоразлагающая активность почвы была разработана применяемая нами схема опыта. Внесение только минеральных удобрений приводило к несколько меньшей биологической активности (1,0-1,7%), чем на участках с применением навоза. Внесение минеральных удобрений приводило к повышению урожайности более чем в два раза (на 103-113% при минеральной и на 108-116% при органо-минеральной системе удобрений). Использование только последствие навоза повышало урожайность ячменя, но всего на 35-39%. Второй уровень защиты растений также способствовал росту урожайности ячменя по всем вариантам опыта с удобрениями на 0,3-0,5 т/га. Содержание сырого протеина в зерне ячменя ярового повышалось при внесении удобрений – от 7,20% до 11,38%. Применение минеральных удобрений в опыте позволило сформировать зерно с более высоким процентным содержанием сырого протеина.

Ключевые слова: яровой ячмень, минеральные и органические удобрения, фунгициды, гербициды, засоренность посевов, целлюлозоразрушающая способность почвы, урожайность, структура урожая, содержание сырого протеина.

CHEMICALIZATION OF CULTIVATION TECHNOLOGY AND PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY

Abstract. In the production of barley grain on the territory of the Belgorod region, great importance is paid to the optimal nutritional regime and the maintenance of crops in a weed-free state. For these purposes, as well as to protect crops from pests and diseases, modern technologies of barley cultivation are constantly being adjusted in terms of the chemical elements used. To determine the influence of individual elements of chemicalization (fertilizers, pesticides) on the productivity of barley, the phytosanitary condition of crops, soil fertility, the scheme of experience used by us was developed. Four variants of fertilization and two levels of plant protection were studied in a field hospital. The research was conducted on the basis of the Belgorod Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences in 2020-2021. According to the results of our research, the greatest contamination was noted at the first level of plant protection (seed pickling), 117-124 pcs./m², while fertilizers did not significantly affect this indicator at the first accounting. The use of organic and organo-mineral fertilizer systems led to an increase in the contamination of crops. In the variants of the experiment with the introduction of manure, the highest percentage of loss of linen was revealed when applying the 2nd level of protection (11.9-12.0%). On plots with the first level of protection, the cellulose-decomposing activity of the soil was 1.0-1.5% lower. The application of mineral fertilizers alone resulted in slightly less biological activity (1.0-1.7%) than in areas with manure. The application of mineral fertilizers led to an increase in yield by more than two times (by 103-113% with mineral and by 108-116% with organo-mineral fertilizer system). Using only the aftereffect of manure increased the yield of barley, but only by 35-39%. The second level of plant protection also contributed to an increase in the yield of barley in all variants of the experiment with fertilizers by 0.3-0.5 t/ha. The content of crude protein in spring barley grain increased when fertilizers were applied – from 7.20% to 11.38%. The use of mineral fertilizers in the experiment allowed the formation of grain with a higher percentage of crude protein.

Keywords: spring barley, mineral and organic fertilizers, fungicides, herbicides, crop contamination, cellulose-destroying ability of soil, yield, crop structure, crude protein content.

Введение. Производство зерна остается одной из основных задач полеводства. Важнейшее значение при этом уделяется обеспечению оптимального питательного режима для растений, при соблюдении благоприятного фитосанитарного состояния посевов. Причем задача химизации сводится не просто к обеспечению высокой продуктивности выращиваемых культур, важным при этом является воспроизводство общего плодородия почв как основы для последующего роста урожайности.

Для того чтобы получать высокие урожаи культур без причинения вреда окружающей среде, необходимо совершенствовать агротехнологии в сторону оптимизации использования минеральных удобрений и химических средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков.

Ячмень – это культура, которая особо чувствительная к удобрениям. При их правильном внесении заметно увеличивается урожай ячменя, вырастает устойчивость растений к засухе, вредителям и болезням, заметно улучшается качество самого зерна. На 15-30 сутки после посева из-за недостаточного количества элементов питания в начале вегета-

ции наблюдается отставание растений в росте, нарушение нормального процесса формирования генеративных органов, ослабляется устойчивость к полеганию и болезням, а вследствие всего вышеперечисленного значительно уменьшается урожайность культуры. Нормы внесения удобрений можно рассчитать с учетом величины намечаемой урожайности, плодородия почвы и т.д.

В настоящее время земледелие решает вопрос увеличения продуктивности посевов через оптимизацию использования классических и нетрадиционных видов минеральных и органических удобрений в совокупности с иными агротехническими приемами. При этом одной из приоритетных задач земледелия остается эффективное применение удобрений.

В условиях интенсификация земледелия приоритетным направлением, обеспечивающим рост урожайности сельскохозяйственных культур, является широкое применение разнообразных средств защиты растений от вредителей, болезней растений и сорняков. Комплексное использование удобрений (макро- и микро-), пестицидов и других

агрохимикатов является перспективным и эффективным направлением в устойчивом повышении урожайности ячменя при минимизации затрат на производство продукции.

Для определения условий, влияющих на повышение эффективности применяемых удобрений в комплексе с пестицидами, в результате которых была бы обеспечена благоприятная фитосанитарная обстановка и положительное влияние на урожайность и качество растительной продукции была разработана схема проводимого нами опыта.

Цели и задачи. Основной целью проводимых нами исследований являлось установление воздействия средств химизации, таких как системы удобрений и химической защиты растений на урожайность ярового ячменя и биологические показатели плодородия почвы. Это является актуальным в условиях ландшафтного земледелия Центрально-Чернозёмного региона при агротехнологиях различной степени интенсификации. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи при проведении исследований:

1. Определить засорённость посевов ячменя в зависимости от применения удобрений и средств защиты растений.

2. Определить целлюлозоразрушающую способность почвы в зависимости от внесения удобрений и средств защиты растений.

3. Выявить степень влияния удобрений и средств химической защиты на урожайность и качество ярового ячменя.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе длительного стационарного опытного участка ФГБНУ «Белгородского федерального аграрного научного центра Российской академии наук» (ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН») при лаборатории защиты растений в 2020-2021 годах.

Место проведения исследований расположено в центральной части Белгородской области и характеризуется умеренно-континентальным климатом с достаточно теплым летом и характерной прохладной зимой. Среднегодовая температура воздуха составляет 6,3 градуса Цельсия. В свою очередь сумма положительных температур более 10 градусов составляет 2510-2620°C. Среднегодовая сумма выпавших осадков колеблется от 497 до 550 миллиметров с учетом периода с температурой более 10 градусов (265-297 миллиметров). Опираясь на эти показатели, можно с уверенностью сказать, что территория, на которой находится опытный участок, относится к зоне с неустойчивым увлажнением. Атмосферные осадки в течение года распределены стандартно. От среднегодового количества осадков на лето приходится 33,1% (в летнее время осадки, по большей части, выпадают с высокими по интенсивности ливнями), на осень приходится 25,4%, на зиму – 19,6% и на весну распределилось 21,9%.

Опыт проводился с 3-х кратным повторением, с использованием метода расщепленных делянок. Изучали два

уровня системы защиты растений и четыре варианта внесения удобрений. Весь опыт проводился с наложением на единственный способ обработки почвы (вспашка на глубину около 20-22 сантиметра).

Система защиты культуры имела двухуровневую последовательность:

1 уровень представлял протравливание семян препаратами (Табу, ВСК-0,50 литров на тонну семян + Доспех 3, КС- 0,50 литров на тонну);

2 уровень представлял тоже протравливание семян, но с добавлением гербицида Астэрикс, СЭ 0,60 литров на гектар (в фазу кущения) и фунгицида Алькор Супер, КЭ-0,50 литров на гектар (в фазу трубкования).

Система удобрений представляет собой несколько вариантов: 1. без внесения удобрений (контроль); 2. навоз, 40 тон на гектар под предшественник; 3. N₆₀P₆₀K₆₀ + навоз, 40 тон на гектар под предшественник; 4. N₆₀P₆₀K₆₀.

Средства защиты растений вносили прицепным опрыскивателем ОП-2000, а минеральные удобрения вносились вручную по делянкам.

Исследования проводили в зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: 1. черный пар; 2. озимая пшеница; 3. сахарная свекла; 4. ячмень; 5. кукуруза на зерно.

Почва на опытном участке представлена тяжелосуглинистым чернозёмом с содержанием гумуса от 4,5 до 5,1%; суммой поглощенных оснований 38-40 мг-экв./100 г; гидроритическая кислотность равна 1,6-1,8 мг-экв./100 г почвы, при этом рН солевой вытяжки 5,8-5,9. По Чирикову содержание обменного калия 105-125 мг/кг почвы, а подвижного фосфора составляет 55-60 мг/кг почвы.

Для выращивания использовался районированный сорт ячменя Хаджибей. При всех исследованиях оперировали общедоступными и общепринятыми методиками. При учете урожая использовали комбайн Сампо-500, методом сплошной уборки учетной площади делянок опыта. Масса зерна с делянки измеряли на весах с погрешностью ± 0,5 граммов. Полученный показатель пересчитывали на 100% чистоту и 14% влажность зерна.

Результаты и обсуждение. Одним из значимых факторов, оказывающих влияние на продуктивность ячменя, является засорённость посевов. В нашем опыте учет засорённости посевов ячменя производили в 3 срока количественно-высевом методом. Первый учет производился перед обработкой растений гербицидом в фазе кущения, следующий спустя 30 суток после обработки и третий перед самой уборкой урожая ячменя (табл. 1).

В посевах ячменя преобладали следующие виды малолетних сорняков: щирца, марь белая, виды горца, ярутка полевая, пастушья сумка. Из многолетних сорных растений – бодяк полевой.

Таблица 1 – Засорённость посевов ячменя в зависимости от удобрений и пестицидов, в среднем за 2020-2021 годы

Варианты опыта		Сорняки, шт./м ²		
Удобрения	Уровни защиты	1-й учёт	2-й учёт	3-й учёт
Без удобрений	1	120	143	124
	2	58	12	24
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	116	134	107
	2	56	16	20
Навоз 2 год последействия	1	117	131	111
	2	84	13	22
Навоз 2 год последействия + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	124	136	120
	2	97	12	22
НСР ₀₅	1	8	7	7
	2	6	4,5	4

По результатам наших исследований, наибольшая засорённость была отмечена при первом уровне защиты растений (протравливание семян), 117-124 шт./м², при чём удобрения не оказали существенного влияния на данный показатель при первом учёте, при последующих учетах внесение удобрений приводило к снижению засорённости посевов.

При первом учёте на втором уровне защиты наибольшая засорённость отмечена при применении органической и органо-минеральной системы удобрения (84-97 шт./м²). При минеральной системе удобрений и на контрольном варианте наблюдалась засорённость в 1,5-1,7 раз ниже.

При втором учёте снижение численности сорняков в посевах отмечалось только при втором уровне защиты растений (на 21-28% на контроле и минеральной системе удобрений, 12-15% при внесении в опыте навоза).

К окончанию вегетации засорённость несколько снижалась по вариантам с первым уровнем защиты, а на делянках с применением пестицидов, наоборот, повышалась.

Разные варианты применения удобрений не влияли на засорённость посевов во время уборки при втором уровне защиты, при первом уровне выгодно отличался вариант с внесением только минеральных удобрений (107 шт./м²).

Микробиологическая активность почвы – один из основных биологических показателей плодородия. Регулярное использование пестицидов с минеральными и органическими удобрениями оказывают существенное влияние на биологическую активность почвы. С деятельностью почвенной микрофлоры связаны процессы синтеза и разложения гумуса, мобилизация в почве труднодоступных для растений питательных веществ, процессы трансформации удобрений, вносимых в почву.

Проведенные нами исследования выявили влияние удобрений и пестицидов на активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов (табл. 2). О биологической активности судили по проценту разложения льняного полотна, помещенного в почву по вариантам опыта.

Таблица 2 – Убыль льняных полотен по вариантам опыта, в среднем за 2020-2021 годы

№п/п	Вариант	Убыль льняного полотна, в %	
		1й уровень защиты	2й уровень защиты
1	Контроль (без удобрений)	10,3	9,7
2	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,3	11,0
3	Навоз (40 т/га) 2 год последствия	11,0	12,0
4	Навоз (40 т/га) 2 год последствия + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,4	11,9

Полученные нами результаты показывают, что на контрольном варианте процент разложения льняного полотна был невысоким.

На вариантах опыта с внесением навоза при применении 2 уровня защиты выявлен самый высокий процент убыли льняного полотна (11,9-12,0%). На делянках с первым уровнем защиты целлюлозоразлагающая активность почвы была на 1,0-1,5% ниже.

Внесение только минеральных удобрений приводило к несколько меньшей биологической активности (1,0-1,7%), чем на участках с применением навоза. Степень разложения льняного полотна с применением минеральных удобрений снижалась.

Результаты исследования показали, что при внесении только навоза с применением пестицидов, отмечен

наибольший процент разложения льняного полотна (12,0%). Самый низкий уровень биологической активности наблюдался при внесении только минеральных удобрений с использованием только протравливания семян (9,3%).

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод, что пестициды повышают активность и не приводят к угнетению микроорганизмов, разлагающих целлюлозу, а напротив положительно влияют на их активность.

Одной из основных экономических характеристик применяемой технологии возделывания культуры является урожайность, которая определяется как количество растениеводческой продукции, получаемой с единицы площади.

В наших исследованиях изучаемые факторы оказывали положительное влияние на формирование урожайности ячменя (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние средств защиты растений и удобрений на урожайность ячменя, в среднем за 2020-2021 годы

Варианты опыта		Урожайность, т/га	Прибавка урожая, +/- к контролю	
Удобрения	Уровень защиты растений		т/га	%
1. Контроль без удобрений	1	1,82	-	-
	2	2,12	-	-
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	3,87	+2,05	113
	2	4,30	+2,18	103
3. Навоз (40 т/га) 2 год последствия	1	2,53	+0,71	39
	2	2,87	+0,75	35
4. Навоз (40 т/га) 2 год последствия + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	3,94	+2,12	116
	2	4,42	+2,30	108
НСР ₀₅		0,21		

*Примечание: уровни защиты растений 1 – протравливание семян; 2 – то же, что и 1 + гербициды + фунгициды.

На контрольном варианте без использования удобрений урожайность составила 1,82-2,12 т/га зерна ячменя. Внесение минеральных удобрений приводило к повышению урожайности более чем в два раза (на 103-113% при минеральной и на 108-116% при органо-минеральной системе удобрений). Использование только последствия навоза повышало урожайность ячменя, но всего на 35-39%, что значительно ниже, чем при применении минеральных удобрений.

Более расширенный, второй, уровень защиты растений также способствовал росту урожайности ячменя по всем вариантам опыта с удобрениями на 0,3-0,5 т/га, доказывая целесообразность применения гербицидов и фунгицидов по листу во время вегетации растений.

Самая высокая урожайность была получена в опыте на варианте с использованием органо-минеральной системы удобрений и составила 3,94-4,42 т/га. Наименьшее количество зерна ячменя было собрано на контрольном варианте опыта без применения удобрений.

Для понимания того из каких частей формируется урожай, доли участия каждого элемента, мы проводили определение структуры урожая ячменя (табл. 4). Для планирования установленной урожайности необходимо обозначить оптимальные показатели ключевых компонентов структуры урожая, получение которых должно быть гарантировано комплексом агротехнических мероприятий.

Таблица 4 – Влияние удобрений и средств защиты растений на элементы структуры урожая ячменя

Варианты опыта		Высота растений, см	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Масса зерна с одного колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Удобрения	Уровни защиты растений				
1. Контроль без удобрений	1	71	340	0,56	29,74
	2	76	365	0,62	32,63
2. Навоз (40 т/га) 2 год последствия – фон	1	78	405	0,65	34,42
	2	86	432	0,69	36,37
3. Фон + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	97	473	0,86	40,88
	2	101	518	0,88	41,05
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	96	471	0,85	40,79
	2	102	510	0,87	40,39
НСР ₀₅		6,8	10	0,09	1,16

Из полученных данных мы видим, что на контрольном варианте с первым уровнем защиты (без удобрений) самое низкое количество продуктивных стеблей 340 шт./м². Использование второго уровня защиты повысило показатель продуктивности до 365 шт./м².

Максимальное число продуктивных стеблей было отмечено на варианте с применением минеральных удобрений + последствие навоза, их число составляло 518 шт./м². Также высокий показатель по количеству стеблей был отмечен на варианте с минеральными удобрениями при втором уровне защиты, он составлял 510 шт./м².

Применение удобрений в опыте оказывало положительное влияние на высоту растений. Самые высокие растения были отмечены на вариантах с использованием минерального удобрения (96-102 см). Причем применение второго уровня защиты растений приводило к тенденции повышения высоты растений по всем вариантам опыта с удобрениями. Самые низкорослые растения наблюдались на контрольном варианте без удобрений (71-76 см). Последствие навоза без внесения минеральных удобрений приводило к формированию средних по высоте растений (78-86 см).

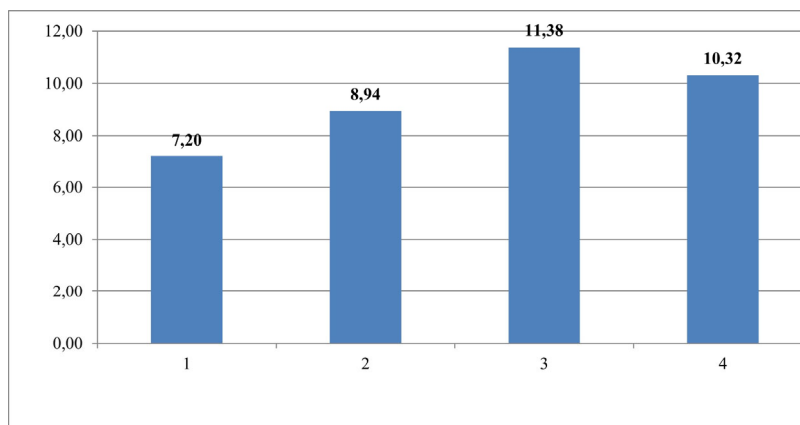
Масса зерна с одного колоса и масса 1000 зерен ячменя зависели от вносимых удобрений и уровня защиты растений. Наименьшими эти показатели были на контрольном

варианте (0,56-0,62 и 29,74-32,63 г соответственно. Наиболее полновесным зерно ячменя формировалось при внесении минеральных удобрений (0,86-0,88 и 40,39-41,05 г). Практически по всем вариантам опыта (кроме последнего) внесение по вегетации пестицидов приводило к повышению массы зерна ячменя.

При производстве сельскохозяйственной продукции необходимо уделять внимание не только получению высоких урожаев, следует не забывать о качестве производимой продукции. Качество зерна может считаться определяющим фактором формирования цены и уровнем конкурентоспособности продукции растениеводства. Оно определяет пригодность продукции, ее способность удовлетворять потребностям потребителя.

В наших исследованиях проводилось определение содержания сырого протеина в зерне ячменя в зависимости от применения удобрений (рисунок 1).

Из полученных данных видно, что содержание сырого протеина в зерне ячменя ярового повышалось при внесении удобрений – от 7,20% до 11,38%. Самый высокий процент сырого протеина содержался в зерне, выращенном на варианте с использованием последствия навоза и N₆₀P₆₀K₆₀ (11,38%). Это на 4,18% выше, чем на варианте без использования удобрений.



Ряд 1 – Контроль (без удобрений); Ряд 2 – Навоз (40 т/га) 2 год последствий;
Ряд 3 – Навоз (40 т/га) 2 год последствий + N₆₀P₆₀K₆₀; Ряд 4 – N₆₀P₆₀K₆₀;

Рис. 1 – Влияние фонов удобрённости на содержание сырого протеина в зерне ячменя, % в среднем за 2020-2021 годы (НСР₀₅ = 0,65%)

Также на 1,74% выше контроля по содержанию протеина оказался вариант, в котором использовался навоз второго года последствия (8,94%). На варианте с использованием только минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀, сырого протеина в зерне содержалось на 3,12% выше контроля.

Таким образом, применение минеральных удобрений в опыте позволило сформировать зерно с более высоким процентным содержанием сырого протеина, по сравнению с чисто органической системой удобрений.

Библиография

1. Изменение плодородия почвы в зависимости от факторов интенсификации земледелия: монография / С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин, А.В. Ширяев – Белгород : Изд-во Белгородского ГАУ, 2016. – 197 с., ил.
2. Кузнецова Л.Н. Засоренность посевов ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы / Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев // Материалы конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий». XIX международная научно-производственная конференция (24-26 мая 2015 года). Том 1. – Белгород, 2015. – С. 13.
3. Кузнецова Л.Н. Биологическая активность чернозема типичного в зависимости от способа обработки / Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев, А.Г. Ступаков // Сахарная свекла, № 1, 2016. – С. 36-38.
4. Кузнецова Л.Н. Влияние внесения удобрений на биологические свойства почвы / Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев, И.В. Кулишова, Н.В. Ширяева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – Белгород, 2017. – № 2 (14). – С. 71-77.
5. Кузнецова Л.Н. Засоренность посевов ярового ячменя при разных уровнях защиты / Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев, А.А. Щетинин // Материалы XXV Международной научно-производственной конференции «Роль науки в удвоении валового регионального продукта» (26-27 мая 2021 года): в 2 т. Том 1. п. Майский : Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. – С. 34-35.
6. Лицуков С.Д. Продуктивность ярового ячменя при различных системах удобрения / С.Д. Лицуков, Л.Н. Кузнецова // Материалы XXII международной научно-производственной конференции «Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы» (28-29 мая 2018 года). Т. 1. – Майский : Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – С. 17-19.
7. Титовская А.И. Изменение биологических показателей плодородия в зависимости от сорта ярового ячменя, обработки почвы и дозы минерального питания / А.И. Титовская, А.В. Ширяев // Материалы Всероссийской научно-производственной конференции, посвященной 80-летию академика РАСХН, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного деятеля науки РФ О.Г. Котляровой, 4.07.2017. – Белгород : Изд-во Белгородского ГАУ, 2017. – С. 260-269.
8. Ширяев А.В. Продуктивность ярового ячменя в зависимости от способов основной обработки почвы и удобрений / А.В. Ширяев, Л.Н. Кузнецова, Н.В. Ширяева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – Белгород, 2018. – № 3 (19). – С. 109-115.

References

1. Changes in soil fertility depending on factors of intensification of agriculture: monograph / S.A. Linkov, L.N. Kuznetsova, A.V. Akinchin, A.V. Shiryayev – Belgorod : Publishing House of Belgorod State Agrarian University, 2016. – 197 p., ill.
2. Kuznetsova L.N. Contamination of barley crops depending on the methods of basic tillage / L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev // Materials of the conference «Problems and prospects of innovative development of agrotechnologies». XIX International Scientific and Industrial Conference (May 24-26, 2015). Volume 1. – Belgorod, 2015. – P. 13.
3. Kuznetsova L.N. Biological activity of typical chernozem depending on the processing method / L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev, A.G. Stupakov // Sugar beet, № 1, 2016. – Pp. 36-38.
4. Kuznetsova L.N. The effect of fertilization on the biological properties of the soil / L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev, I.V. Kulishova, N.V. Shiryayeva // Innovations in agriculture: problems and prospects. – Belgorod, 2017. – № 2 (14). – Pp. 71-77.
5. Kuznetsova L.N. Contamination of spring barley crops at different levels of protection / L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev, A.A. Shchetinin // Materials of the XXV International Scientific and Industrial Conference «The role of science in doubling the gross regional product» (May 26-27, 2021): in 2 vols. Volume 1. P. Maysky : Publishing House of the Belgorod State University, 2021. – Pp. 34-35.
6. Litsukov S.D. Productivity of spring barley under various fertilizer systems / S.D. Litsukov, L.N. Kuznetsova // Materials of the XXII International Scientific and production Conference «Organic agriculture: Problems and prospects» (May 28-29, 2018). Vol. 1. – Maysky : Publishing House of the Belgorod State University, 2018. – Pp. 17-19.

7. Titovskaya A.I. Change of biological indicators of fertility depending on the variety of spring barley, tillage and dose of mineral nutrition / A.I. Titovskaya, A.V. Shiryayev // Materials of the All-Russian scientific and production conference dedicated to the 80th anniversary of Academician RASKHN, laureate of the State Prize of the Russian Federation in the field of science and technology, Honored Worker of science of the Russian Federation O.G. Kotlyarova, 4.07.2017. – Belgorod : Publishing House of the Belgorod State University, 2017. – Pp.260-269.

8. Shiryayev A.V. Productivity of spring barley depending on the methods of basic tillage and fertilizers / A.V. Shiryayev, L.N. Kuznetsova, N.V. Shiryayeva // Innovations in agriculture: problems and prospects. – Belgorod, 2018. – № 3 (19). – Pp. 109-115.

Сведения об авторах

Ширяев Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: shirjaev_av@bsaa.edu.ru;

Кузнецова Лариса Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: slyshinkova@yandex.ru;

Ширяева Наталья Викторовна, преподаватель агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: shirjaeva_nv@bsaa.edu.ru;

Самойлова Наталья Александровна, студентка агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ.

Information about the authors

Shiryayev Alexander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: shirjaev_av@bsaa.edu.ru;

Kuznetsova Larisa Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: slyshinkova@yandex.ru;

Shiryaeva Natalia Viktorovna, lecturer of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: shirjaeva_nv@bsaa.edu.ru;

Natalia A. Samoylova, student of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin».

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 331.5

С.А. Алексеева

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ АГРАРНОГО СЕКТОРА

Аннотация. В статье рассматривается роль человеческого капитала в инновационном развитии аграрного сектора экономики. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что человеческий капитал становится основополагающим богатством государства, способным обеспечить его устойчивое и стабильное развитие. В современных условиях конкурентные преимущества экономики и ее аграрного сектора, возможности ее модернизации в значительной степени сопряжены с накопленным и реализованным человеческим капиталом, т.к. именно люди с их образованием, квалификацией и опытом обуславливают возможности технологической, экономической и социальной модернизации общества, позволяющей сократить отставание от экономически развитых государств и обеспечить технологическую независимость.

Ключевые слова: государственная аграрная политика, инновационная модель развития, цифровая экономика, технологическая независимость, человеческий капитал, человеческий капитал агропромышленного комплекса, профессиональные компетенции, профессиональный портрет современного специалиста АПК.

THE ROLE OF HUMAN CAPITAL IN INNOVATIVE DEVELOPMENT AGRICULTURAL SECTOR

Abstract. The article examines the role of human capital in the innovative development of the agricultural sector of the economy. The relevance of this study is due to the fact that human capital becomes the fundamental wealth of the state, capable of ensuring its sustainable and stable development. In modern conditions, the competitive advantages of the economy and its agricultural sector, the possibilities of its modernization are largely associated with accumulated and realized human capital, because it is people with their education, qualifications and experience who form the possibilities of technological, economic and social modernization of society, which makes it possible to reduce the lag behind economically developed countries and ensure technological independence.

Keywords: state agrarian policy, innovative development model, digital economy, technological independence, human capital, human capital of the agro-industrial complex, professional competencies, professional portrait of a modern agro-industrial specialist.

Ведение: Роль человеческого капитала в эффективном развитии экономики в современных условиях принимает наиболее актуальное значение, т.к. человеческий капитал становится основополагающим богатством государства, способным обеспечить его устойчивое и стабильное развитие.

Все исторические изменения в экономике и обществе, крупнейшие инновации всегда осуществлялись на базе накопленного человеческого капитала в каждый исторический период развития народа, страны, цивилизации, т.к. именно люди являются основой существования экономики любой страны. Это подчеркивает в своем послании Федеральному Собранию Российской Федерации 1 марта 2018 г. Президент Владимир Владимирович Путин: «Роль, позиции государства в современном мире определяют не только и не столько природные ресурсы, производственные мощности, – а прежде всего люди, условия для развития, самореализации, творчества каждого человека» [1].

Таким образом, уровень развития людей отражает степень развитости государства в целом и его позиционирование на мировой арене.

Методы. В ходе исследования использовались методы – абстрактно-логический, статистический, сравнительного анализа, экспертной оценки. Информационной базой выступили нормативные правовые акты, федеральные программы и отчетные документы, справочные материалы.

Результаты. Современная концепция человеческого капитала предполагает, что это многогранное понятие, которое включает множество формирующих его факторов, находящихся в плоскости различных отраслевых наук. И, как следствие, основные составляющие элементы человеческого капитала также должны определяться с учетом отраслевого аспекта. И здесь возможны два отраслевых подхода:

- во-первых, для раскрытия сущности понятия «человеческий капитал» необходимо посмотреть на него с точки зрения различных отраслей знаний, таких как: экономика, социология, психология, педагогика, культура, религия, экология, и др.

- во-вторых, целесообразно дать характеристику человеческому капиталу конкретной отрасли.

В таком отраслевом разрезе особый интерес представляет человеческий капитал агропромышленного комплекса. Это связано с тем, что еще в недавнем прошлом, страны с преимущественно аграрной экономикой было принято относить к отсталым. Однако теперь сельское хозяйство становится одной из главных отраслей для инноваций, о чем свидетельствует принятие ряда нормативных правовых актов, формирующих отраслевую научно-технологическую политику аграрного сектора экономики, к числу которых можно отнести следующие:

- Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» (далее – Указ № 350) [2];

- Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (далее – ФНТП), которая была разработана во исполнение Указа № 350, и утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996 [5];

- Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденный приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 12 января 2017 г. № 3 [6].

Указанные нормативные правовые акты являются отражением того, что современный этап развития российского АПК характеризуется переходом к инновационной модели развития, успех которого во многом зависит от качества человеческого капитала отрасли, который является основным драйвером инновационного развития.

Цели, поставленные в Указе № 350, позволят обеспечить технологическую независимость отрасли, но их достижение возможно только при наличии человеческого капитала, обладающего характеристиками, соответствующими данному запросу. Именно поэтому в ФНТП, которая

ориентирована на достижение целей Указа № 350, особое внимание уделено подготовке кадров, отвечающих тому уровню научно-технологического развития АПК, который должен быть достигнут по итогам реализации указанной программы. Т.е. для решения задач инновационного развития необходима опережающая подготовка кадров, что позволит сформировать человеческий капитал, отвечающий современному отраслевому рынку труда.

Опережающее развитие человеческого капитала всегда происходило за счет увеличения инвестиций совершенствования профессионального образования, специализации научных исследований, роста количества и качества научных организаций.

Человеческий капитал стал и в теории, и на практике (в реальной жизни он всегда им был) ведущим и сложным интенсивным фактором развития, фундаментом роста ВВП в сочетании с инновациями и с новыми технологиями [8].

Сегодня движущей силой развития экономики является научно-технический прогресс, что во многом изменило

взгляды ученых на роль человека в инновационном развитии. Конкурентные преимущества экономики и ее аграрного сектора, возможности ее модернизации в значительной степени сопряжены с накопленным и реализованным человеческим капиталом. Именно люди с их образованием, квалификацией и опытом формируют возможности технологической, экономической и социальной модернизации общества, позволяющей обеспечить технологическую независимость.

Актуальность вопросов формирования и эффективно использования человеческого капитала в аграрном секторе повышается в условиях обострения демографической ситуации, экономических и политических санкций, а также тенденций развития глобальной экономики [8].

Так, анализ демографического аспекта указанной проблемы свидетельствует о том, что динамика численности городского и сельского населения уже многие годы показывает устойчивую тенденцию к снижению доли сельского населения в общей численности всего населения (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика численности городского и сельского населения

Годы	Все население млн. чел.	В том числе		В общей численности всего населения %	
		Городское	сельское	Городское	сельское
2016	146,5	108,6	37,9	74	26
2017	146,8	109,0	37,8	74	26
2018	146,9	109,3	37,6	74	26
2019	146,8	109,5	37,3	75	25
2020	146,7	109,5	37,2	75	25
2021	146,2	109,3	36,9	75	25

Данные изменения в значительной степени обусловлены рядом причин, в частности, одной из основных является миграция трудоспособного населения из сельской местности в городскую, где осуществляют свою деятельность более высокооплачиваемые отрасли экономики.

Следует отметить, что в паспорте комплексной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий», который был утвержден решением

Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2021 г. № ММ-П11-19234, показатель «Доля сельского населения в общей численности населения Российской Федерации» является целевым, и на период до 2030 года поставлена задача поддерживать данный показатель на уровне 25%.

В рамках анализа структуры сельского населения необходимо также уделить внимание соотношению мужчин и женщин (табл. 2).

Таблица 2 – Численность сельского населения и соотношение мужчин и женщин

Годы	Все население, млн. чел.	в том числе		В общей численности населения, %	
		мужчины	женщины	мужчины	женщины
2016	146,5	67,9	78,6	46	54
2017	146,8	68,1	78,7	46	54
2018	146,9	68,1	78,8	46	54
2019	146,8	68,1	78,7	46	54
2020	146,7	68,1	78,6	46	54
2021	146,2	67,9	78,3	46	54

Очевиден вывод, что женщины преобладают в составе сельского населения. Эта тенденция сложилась исторически и сохраняет свою устойчивость многие годы.

В рамках данного исследования также целесообразен анализ распределения сельского населения по возрастным группам (табл. 3).

Таблица 3 – Распределение сельского населения по возрастным группам

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021 в % к 2016
Сельское население	37887	37772	37553	37327	37186	36919	97
в том числе в возрасте, лет:							
0 – 4	2657	2576	2428	2272	2092	1970	74
5 – 9	2393	2477	2523	2539	2579	2569	107
10 – 14	2139	2162	2206	2263	2310	2353	110
15 – 19	1896	1866	1878	1891	1940	1972	104

Продолжение таблицы 3

20 – 24	2002	1981	1973	1974	1947	1914	95
25 – 29	2808	2617	2381	2187	2070	1994	71
30 – 34	2725	2786	2823	2792	2740	2650	97
35 – 39	2542	2537	2553	2587	2621	2634	104
40 – 44	2466	2479	2473	2483	2480	2483	101
45 – 49	2436	2405	2403	2394	2415	2412	99
50 – 54	2888	2743	2602	2485	2407	2361	82
55 – 59	3091	3124	3095	3033	2922	2753	89
60 – 64	2501	2576	2653	2749	2801	2867	114
65 – 69	1769	1895	2006	2093	2161	2225	126
70 и более	3574	3548	3556	3585	3701	3762	105
Из общей численности – население в возрасте:							
моложе трудоспособного	7602	7617	7577	7504	7414	7312	96
трудоспособном	20826	20507	20149	19818	20142	19875	95
старше трудоспособного	9459	9648	9827	10005	9630	9732	103

В распределении сельского населения по возрастным группам также сложилась неоднозначная ситуация. Количество лиц моложе трудоспособного возраста и трудоспособного в целом снизилось. Хотя в категории от 35-44 лет можно говорить о наметившейся положительной тенденции.

При этом, необходимо отметить, что доля занятых в сельском хозяйстве по отношению к другим отраслям экономики преимущественно снижается (табл 4).

Таблица 4 – Анализ доли занятых в сельском хозяйстве по отношению к занятым в экономике

Годы	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Занятые – всего (тыс. чел.)	72393	72316	72532	71933	70601	71719
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство (тыс. чел.)	4863	4268	4267	4196	4237	4198
Доля занятых в сельском хозяйстве %	6,7	5,9	5,9	5,8	6,0	5,9

Анализ данных таблицы 4 свидетельствует о тенденции снижения удельного веса работников, занятых в сельском хозяйстве, по отношению к среднегодовой численности работников, занятых в экономике в целом. За анализируемый период лишь в 2020 году было незначительное повышение данного показателя.

Необходимо отметить, что жители сельских территорий и занятые в сельском хозяйстве лишь отчасти заде-

ствованы в процессах, оказывающих влияние на инновационное развитие аграрного сектора экономики, являясь проводниками инноваций на завершающем этапе их внедрения в ходе самого процесса сельскохозяйственного производства. Поэтому анализ динамики уровня профессионального образования целесообразно провести применительно к работникам организаций агропромышленного комплекса России (табл. 5).

Таблица 5 – Динамика уровня профессионального образования работников организаций АПК России

Уровень профобразования						2020 г.
	2016	2017	2018	2019	2020	в % к 2016
Высшее, чел.	296654	303035	303433	315201	320722	108,1
%	16,1	16,8	17	18,1	18,7	-
Среднее профессиональное, чел.	516798	512405	506425	506146	544765	105,4
%	28,1	28,4	28,5	29,1	31,7	-
Начальное профессиональное, чел.	500158	476487	449307	428228	422977	84,6
%	27,1	26,4	25,2	24,6	24,6	-
Без профессионального образования, чел.	528841	513935	521271	488459	430414	81,4
%	28,7	28,4	29,3	28,1	25	-

Можно сделать вывод, что доля работников с высшим и средним профессиональным образованием стабильно повышается. Так, если в 2016 году в организациях АПК России доля работников с высшим образованием составляла 16,1%, и постепенно повышаясь к 2020 году она составила 18,7%. При этом доля работников со средним специальным образованием в 2016 году составляла 28,1%, а в 2020 году она достигла 31,7%. Таким образом указанные показатели в 2020 году по отношению к 2016 составили 108,1% и 105,4% соответственно. Вместе с тем доля работников, не имеющих профессионального образования, хоть и

постоянно снижается, но по-прежнему продолжает быть достаточно высокой – в 2020 году она составила 25%.

В целях эффективного управления формированием человеческого капитала сельского населения, необходимы значительные финансовые инвестиции в его развитие, для обеспечения создания благоприятных социально-экономических условий его формирования и развития непосредственно в сельской местности.

Это подтверждают результаты ежегодно проводимого Всемирной организацией интеллектуальной собственности анализа Глобального инновационного индекса (далее -

ГИИ). Так в обзоре ГИИ за 2021 год утверждается, что «страны, являющиеся инновационными лидерами, обладают инновационными системами, которые характеризуются взаимодополняемостью и сбалансированностью различных областей. Успешная инновационная система обеспечивает баланс между созданием знаний, исследованиями и инвестициями (вкладом в инновации)» [12].

По результатам анализа ГИИ очевиден вывод, что экономики с наибольшим рейтингом являются мировыми лидерами по ключевым показателям инновационной деятельности, в число которых обязательно входит такой показатель, как «вклад в инновации». В 2021 году лидером являлись США занимая первое место по 13 показателям из 81 использованного при расчете в ГИИ. А Израиль и Сингапур лидируют по таким показателям, как «Расходы на НИОКР». Китай и Республика Корея лидируют, по показателям «Экспорт высокотехнологичной продукции» и «Исследования». Люксембург лидирует по показателю «Доля высококвалифицированных специалистов» [12].

В целом по всем позициям в рейтинге ГИИ Россия занимает 45-е место, что очевидным образом обозначает вектор развития на ближайшую перспективу. Причем для того, чтобы как минимум обеспечить отечественную технологическую независимость, скорость этого развития должна быть очень высокой. Если же ставить задачу конкурентоспособности, то это развитие должно быть прорывным и опережающим.

Так, например, опережающим должно быть формирование человеческого капитала, качество которого будет залогом качества ожидаемых инновационных изменений.

При этом кадровый потенциал агропромышленного комплекса в целом и сельского хозяйства в частности, который служит основой для формирования человеческого капитала отрасли, должен пройти серьезную трансформацию, которая сопряжена с неизбежными изменениями в научно-технической политике и образовании.

По мнению А.Ф. Дорощева, «...в современных условиях, с развитием и внедрением в процесс производства передовых достижений науки в области выпуска высокопроизводительной импортной техники, а также наукоемких технологий, происходит изменение в самой структуре спроса к сотрудникам сельскохозяйственных предприятий, т.е. возрастает потребность в работниках высокой квалификации, с высшим образованием, кроме того снижает общую потребность в количестве необходимых работников, все это ставит перед уже существующими, а также потенциальными работниками ряд вызовов, преодоление которых в значительной степени будет предопределять вектор ближайшего развития как отечественного сельского хозяйства, так и всего агропромышленного комплекса» [8]. Таким образом актуальность разработки теоретической базы для соответствующего развития человеческого капитала, отвечающего современному уровню развития экономики, повышается.

В настоящее время значимым фактором формирования современного человеческого капитала в аграрном секторе является безусловная необходимость цифровой трансформации, которая несет в себе будущее экономики, но это не означает, что в результате автоматизации многих процессов отрасль станет обезличенной. Напротив, инвестиции в человеческий капитал являются ключом к поиску инновационных решений в постоянно меняющемся сценарии.

Процесс цифровой трансформации и растущая роботизация отразятся на структуре занятости - снизится зависимость от низкоквалифицированной рабочей силы, и повысится актуальность отдельных профессий, что обусловит высокие и быстро меняющиеся требования к ключевым компетенциям, что в свою очередь требует формирования новой модели образования, ориентированной на быструю адаптацию к новым условиям. Это согласуется с данными Прогноза научно-технологического развития агропромыш-

ленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, в котором утверждается, что «умное сельское хозяйство и точное земледелие станут стандартом производственной эффективности благодаря стремительному развитию технологий больших данных и так называемого узкого искусственного интеллекта (или машинного обучения). Все это создаст предпосылки для формирования новой структуры рынков средств производства и продукции агропромышленного комплекса. Наряду с рынками средств производства и продукции конечного потребления требуют рассмотрения рынки, связанные с платформенными технологическими решениями, которые способны создать значимые мультипликативные эффекты для развития всего АПК» [6].

Безусловно, новые рынки средств производства и продукции агропромышленного комплекса, а также рынки, связанные с платформенными технологическими решениями, являются предпосылкой появления новых профессиональных компетенций в профессиональном портрете современного специалиста АПК, что должно найти отражение в профессиональных и образовательных отраслевых стандартах.

Трансформация знаний в реальные рыночные блага невозможна без развитой инфраструктуры. Именно поэтому механизм реализации ФНТП предполагает тесное взаимодействие науки и бизнеса, где бизнес выступает в роли заказчика научно-технологических результатов.

Для обеспечения эффективного диалога бизнеса и науки целесообразно создание условий для практического внедрения инноваций т.к. в процессе от создания знаний до трансфера технологий, именно на этапе внедрения инновации возможно максимальное взаимопонимание и синергетический эффект от результативного взаимодействия бизнеса и науки.

Примером площадки, обеспечивающей эффективный диалог бизнеса и науки, является продовольственная долина, созданная на базе Вагенингенского университета и научно-исследовательского центра сельскохозяйственных знаний в Нидерландах, которая призвана создать условия, чтобы производители продуктов питания и научные организации сотрудничали над разработкой новых и инновационных концепций пищевых продуктов. Одно из основных условий для заявителей на получение субсидии в рамках данного проекта – это внедрение инновационных технологий с последующим быстрым выходом на рынок [11].

Успешность такого механизма продвижения инноваций подтверждается тем, что в продовольственную долину Вагенингенского университета для изучения и разработки новых технологий приезжают специалисты со всего мира. Также в рамках продовольственной долины сформировалась предпринимательская среда путем реализации многочисленных стартапов, на основе которых были созданы новые компании для агробизнеса, что позволило вовлечь в инновационный процесс малый и средний бизнес, т.к. осуществление самостоятельной исследовательской деятельности под силу только крупным агрохолдингам.

В нашей стране данный механизм продвижения инноваций закреплен федеральным законом от 29 июля 2017 г. № 216-ФЗ «Об инновационных научно-технологических центрах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», являющегося одним из инструментов достижения целей, национального проекта «Наука», паспорт которого был утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам в 2018 г. [4].

По данным Минэкономразвития России за период с 2019 по 2022 год в соответствии с указанным законом было создано 10 инновационных научно-технологических центров по приоритетным направлениям. На сайте Минэкономразвития России отмечается, что развитие «технологических долин» является важным инструментом поддержки

технологических компаний и стартапов с перспективой экспорта и трансфера технологий с использованием научного и образовательного потенциала ведущих исследовательских университетов в координации с мероприятиями по созданию научно-образовательных центров и центров компетенций [10].

В агропромышленном комплексе первым в России таким проектом был заявлен инновационный научно-технологический центр «Мичуринская долина», созданный в Тамбовской области.

По словам президента Российской академии наук А.М. Сергеева, подобного рода проекты должны выстраиваться по принципу «Интеграция плюс», суть которого заключается в том, чтобы подключить к академической науке высокотехнологичный бизнес, так как предпринимательство должно ставить задачи, позволяющие получать новые разработки и кадры, которые выводили бы эти разработки на рынок.

Таким образом, вопрос наличия кадров, обладающих необходимыми компетенциями для того, чтобы быть проводниками инноваций от стадии разработки до ее внедрения, является одним из ключевых. А быстро меняющиеся требования к профессиональным компетенциям предполагают соответствующие изменения в системе формирования этих профессиональных компетенций. Данная система должна быть очень гибкой, а ее системообразующим элементом в современных быстро меняющихся условиях могут выступить учреждения дополнительного профессионального образования, гибкость которых обусловлена тем, что их образовательная деятельность не регламентируется жесткими образовательными стандартами.

Актуальность этого тезиса подтверждается еще и тем, что в настоящее время, в соответствии с программой научно-технологического развития АПК Российской Федерации система аграрного дополнительного профессионального образования (далее – ДПО) трансформируется под необходимые условия формирования и развития новых компетенций для аграрной экономики. Этот этап реформирования системы ДПО должен вывести ее на новый уровень развития, соответствующий амбициозным задачам, стоящим перед отечественным АПК.

В данных условиях целесообразно рассматривать систему ДПО как прокисистему в процессе формирования человеческого капитала. То есть, ДПО будет посредником между социально-экономическими институтами, определяющими какими должны быть качественные характеристики человеческого капитала, и целевыми потребителями человеческого капитала, формирующими на него спрос на современном рынке труда [9]. Такой подход позволит обеспечить развитие системы дополнительного профессиональ-

ного аграрного образования в наиболее перспективном и стратегически обусловленном направлении.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, анализ параметров развития человеческого капитала аграрного сектора экономики России свидетельствует о том, что в его количественных и качественных характеристиках произошли изменения, выразившиеся в снижении доли занятых в сельском хозяйстве, росте уровня профессионального образования работников сельскохозяйственных организаций с одновременным снижением доли лиц без образования, увеличением доли лиц нетрудоспособного возраста в структуре сельского населения, увеличением несельскохозяйственной занятости в сельской местности.

Во-вторых, как показывает наше исследование, произошли изменения в самой структуре спроса к сотрудникам сельскохозяйственных предприятий: возрастает потребность в работниках высокой квалификации, с высшим образованием.

В-третьих, с учетом динамики происходящих в отечественном агропромышленном секторе изменений, необходимо опережающее развитие человеческого капитала отрасли. При этом необходимость увеличения инвестиций в совершенствование профессионального образования не вызывает сомнения и будет способствовать опережающему развитию человеческого капитала, который станет драйвером технологической, экономической и социальной модернизации.

В-четвертых, необходимо создание условий для эффективного трансфера отечественных научных разработок в аграрный сектор экономики, ориентированных на стимулирование развития человеческого капитала целесообразно обозначить следующие:

- консолидация координации аграрных образовательных и научных учреждений;
- включение в государственные программы, предусматривающие выполнение НИОКР, целевых индикаторов, характеризующих их результативность;
- создание условий для эффективного и взаимовыгодного диалога бизнеса и науки;
- создание системы освоения результатов научно-исследовательских работ в производстве.

Реализация указанных мер будет способствовать укреплению технологической независимости аграрного сектора экономики.

В-пятых, в современных условиях все большую важность приобретает такой инструмент повышения качественных характеристик человеческого капитала аграрного сектора как система профессионального, прежде всего, дополнительного профессионального аграрного образования.

Библиография

1. Послание Президента России Федеральному собранию Российской Федерации // Президент России. Официальный сайт. – 26 декабря 2019 года. – <http://www.kremlin.ru/events/president/news/62418>
2. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства».
3. Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».
4. Федеральный закон от 29 июля 2017 г. № 216-ФЗ «Об инновационных научно-технологических центрах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
5. Федеральная научно-технологическая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996.
6. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденный приказом Минсельхоза России от 12 января 2017 г. № 3.
7. Постановление Правительства РФ от 31.05.2019 № 696 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
8. Дорофеев, А.Ф. Развитие человеческого капитала в аграрном секторе России: диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Дорофеев Андрей Фёдорович. – Воронеж, 2018. – 404 с. – EDN АВТУИФ.

9. Любимов А.П., Марков А.К., Горкин А.В., Можяев Е.Е., Идрисов А.Н. Новая парадигма аграрного дополнительного профессионального образования как фактор развития человеческого капитала в АПК – Москва // Представительная власть – XXI век: законодательство, комментарии, проблемы. 2022. № 1-2. С. 50-55.
10. https://www.economy.gov.ru/material/departments/d01/razvitie_sistemy_gosudarstvennoy_podderzhki_innovatsiy_v_subektah/intc
11. https://eec.eaunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsifrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka_-regulirovanie.pdf
12. https://www.wipo.int/global_innovation_index/ru/2021/

References

1. Message of the President of Russia to the Federal Assembly of the Russian Federation // President of Russia. Official website. – December 26, 2019.
2. Decree of the President of the Russian Federation No. 350 of July 21, 2016 "On measures to implement the State Scientific and Technical Policy in the Interests of Agricultural Development".
3. Decree of the President of the Russian Federation No. 20 of January 21, 2020 "On Approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation".
4. Federal Law № 216-FZ of July 29, 2017 "On Innovative Scientific and Technological Centers and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation".
5. The Federal Scientific and Technical Program for Agricultural Development for 2017-2025 was approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of August 25, 2017. № 996;
6. Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030, approved by Order № 3 of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated January 12, 2017.
7. Decree of the Government of the Russian Federation № 696 of 31.05.2019 "On Approval of the State program of the Russian Federation "Integrated Rural Development" and on Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation".
8. Dorofeev, A.F. Development of human capital in the agricultural sector of Russia: dissertation for the degree of Doctor of Economics / Dorofeev Andrey Fedorovich. – Voronezh, 2018. – 404 p. – EDN ABTYIF.
9. Lyubimov A.P., Markov A.K., Gorkin A.V., Mozhaev E.E., Idrisov A.N. New paradigm of agricultural additional professional education as a factor of human capital development in the agro-industrial complex-Moscow // Representative power-XXI century: legislation, comments, problems. 2022. № 1-2, pp. 50-55.
10. https://www.economy.gov.ru/material/departments/d01/razvitie_sistemy_gosudarstvennoy_podderzhki_innovatsiy_v_subektah/intc
11. https://eec.eaunion.org/upload/medialibrary/d62/Mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-tsifrovizatsii-v-APK-gosudarstvennaya-podderzhka_-regulirovanie.pdf
12. https://www.wipo.int/global_innovation_index/ru/2021/

Сведения об авторах

Алексеева Светлана Андреевна, к.э.н., ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий - Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства», 123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, д. 35, 8(915)189 61 44, e-mail: asa.ciitei@vniiesh.ru

Information about authors

Svetlana A. Alekseeva, Ph.D. in Economics, leading researcher in FSBSI FRC AESDRA VNIIESH

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ЗЕРНА НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Проведен анализ динамики производства и реализации зерна за период с 2012 года по 2021 год. В 2021 году валовой сбор зерна (без кукурузы) в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации в целом и в том числе в Центральном федеральном округе (ЦФО) уменьшился на 13% и 27,9% по сравнению с 2020 годом. Данные изменения произошли в результате сокращения посевных площадей в Российской Федерации на 4,4% и ЦФО на 3,5%, а также снижения урожайности зерновых культур в указанный период соответственно на 9,4% и 21,8%. В ЦФО на долю Воронежской области в 2021 году приходилось 12,3% намолоченного зерна, из которых пшеница составляла 55,4%. В структуре реализованной продукции сельскохозяйственных организаций Воронежской области за 2018-2020 годы на долю зерна приходилось от 26,3% до 31,8%. Среди зерновых культур ведущее место за данный период занимала пшеница, удельный вес которой за три года составлял 16,5-22,0% от общей суммы выручки. За 2012-2020 годы валовой сбор зерна в сельскохозяйственных организациях Воронежской области увеличивалась ежегодно на 3090,9 ц или 9,2% за счет среднего ежегодного роста урожайности на 2,4 ц/га или 7,6% и посевной площади зерновых культур соответственно на 16,3 тыс. га ц/га или 1,2%. При этом в среднем ежегодно за изучаемый период выручка от реализации зерна возрастала на 4122,3 млн. руб. или на 16,1% вследствие среднего ежегодного роста количества и цены одного центнера реализованного зерна соответственно на 8,4% и 7,6%. В сельскохозяйственных организациях Воронежской области в 2021 году имел место наименьший уровень урожайности и цены реализации пшеницы среди пяти областей Черноземья, а средний рост выручки от реализации зерна за 2012-2020 годы в большей степени обусловлен количеством реализованной продукции. Поэтому необходимо повышение урожайности зерновых культур за счет внедрения современных систем земледелия и развитие органического производства зерна, которое позволит значительно повысить качество продукции и цены реализации.

Ключевые слова: анализ, производство и реализация зерна, урожайность и площадь зерновых культур, выручка и цена реализации.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE REGIONAL GRAIN MARKET ON THE EXAMPLE OF THE VORONEZH REGION

Abstract. An analysis was made of the dynamics of production and sales of grain for the period from 2012 to 2021. In 2021, the gross grain harvest (excluding corn) in agricultural organizations of the Russian Federation as a whole, including in the Central Federal District (CFD), decreased by 13% and 27.9% compared to 2020. These changes occurred as a result of a reduction in sown areas in the Russian Federation by 4.4% and in the Central Federal District by 3.5%, as well as a decrease in grain crop yields in the specified period by 9.4% and 21.8%, respectively. In the Central Federal District, the share of the Voronezh region in 2021 accounted for 12.3% of threshed grain, of which wheat accounted for 55.4%. In the structure of sold products of agricultural organizations of the Voronezh region for 2018-2020, the share of grain accounted for from 26.3% to 31.8%. Among grain crops, the leading place for this period was occupied by wheat, the share of which for three years amounted to 16.5-22.0% of the total revenue. For 2012-2020, the gross grain harvest in agricultural organizations of the Voronezh region increased annually by 3090.9 centners or 9.2% due to an average annual increase in yield by 2.4 centners per hectare or 7.6% and the sown area of grain crops, respectively, by 16.3 thousand ha c/ha or 1.2%. At the same time, on average, for the period under study, the proceeds from the sale of grain increased by 4,122.3 million rubles. or by 16.1% due to the average annual growth in the quantity and price of one centner of sold grain, by 8.4% and 7.6%, respectively. In the agricultural organizations of the Voronezh region in 2021, there was the lowest level of yield and selling price of wheat among the five regions of the Chernozem region, and the average increase in revenue from the sale of grain for 2012-2020 is largely due to the number of products sold. Therefore, it is necessary to increase the yield of grain crops through the introduction of modern farming systems and the development of organic grain production, which will significantly improve product quality and sales prices.

Keywords: analysis, production and sale of grain, yield and area of grain crops, revenue and selling price.

Зерновая отрасль является одной из важнейших составных частей агропромышленного комплекса Российской Федерации, а зерно и продукты его переработки имеют для страны важное социально-экономическое и стратегическое значение, так как используются в качестве продуктов питания населения, являются сырьём для различных отраслей промышленности, а также кормом для сельскохозяйственных животных. Поэтому одной из главных задач практически каждого сельскохозяйственного предприятия в современных условиях становится устойчивое увеличение объёмов производства зерна [3].

В 2021 году валовой сбор зерна (без кукурузы), в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации составил 73913,0 тыс. т, в том числе в Центральном федеральном округе (ЦФО) 18456,2 тыс. т, что меньше, чем в 2020 году на 13% и 27,9%. Основными причинами такого положения является сокращение посевных площадей на 4,4% и 3,5%, а также снижение урожайности зерновых культур в указанный период соответственно на 9,4% и 21,8% (таблица 1). Наибольший намолот зерна в 2021 году (без кукурузы) среди пяти областей Черноземья имел ме-

сто в Курской области, а наименьший, в связи с размером территории и посевной площади зерновых культур, в Белгородской области, который составил соответственно 2574,8 тыс. т и 1726,5 тыс. т. При этом необходимо отметить, что в Белгородской области из всего собранного зерна 83,2% приходилось на пшеницу, благодаря наивысшей ее урожайности среди пяти областей. Самый низкий уровень урожайности зерновых культур и пшеницы за рассматриваемый период был в Воронежской области, который достигал соответственно 31,7 ц/га и 31,2 ц/га в 2021 году, что ниже, чем в среднем по ЦФО на 4,2 ц/га и 6,7 ц/га [2].

В ЦФО на долю Воронежской области в 2021 году приходилось 12,3% намолоченного зерна, из которых пшеница составляла 55,4%. В структуре реализованной продукции сельскохозяйственных организаций Воронежской области отрасль растениеводства является доминирующей, удельный вес которой за 2018-2020 годы находился в пределах от 57,7% до 63,7%. При этом наибольшая выручка была получена от реализации зерновых культур, достигнув 31,8% в 2020 году. Среди зерновых культур ведущее место за данный период занимала пшеница, удельный

вес которой за три года составлял 16,5-22,0% от общей суммы выручки [1].

Значительное влияние на уровень экономической эффективности сельскохозяйственного производства в целом и производства зерна в частности, как известно, оказывает объем произведенной и реализованной продукции, полная себестоимость и цена реализации одного центнера. За период с 2012 года по 2020 год количество произведенного зерна в Воронежской области колебалось от 21,9 млн. ц до 48,6 млн. ц (таблица 2). В среднем в течение изученного периода валовой сбор зерна в сельскохозяйственных организациях Воронежской области увеличивался ежегодно на 3090,9 ц или 9,2% за счет среднего ежегодно роста урожайности на 2,4 ц/га или 7,6% и посевной площади зерновых культур соответственно на 16,3 тыс. га ц/га или 1,2% (таблица 3).

Объем реализованного зерна варьировал за данный период от 20,3 млн. ц до 40,4 млн. ц, увеличиваясь в среднем ежегодно на 2375,0 ц. При этом полная себестоимость составляла 10,1-27,3 млн. руб., а одного центнера зерна 474-676 руб. В среднем в течение изучаемого периода затраты на производство и реализацию зерна в Воронежской области ежегодно увеличивались на 12,7% или на 2107,4 тыс. руб. Данный рост происходил в результате повышения себестоимости 1ц зерна в среднем ежегодно на 23,4 руб. или на 4,3%, а также увеличения количества реализованного зерна в среднем на 8,4% [4].

Анализ динамики выручки за реализованное зерно в сельскохозяйственных организациях Воронежской области свидетельствуют о том, что сумма выручки неуклонно росла за 2013-2016 годы с 11,7 млн. руб. до 23,3 млн. руб.

Таблица 1 – Производство зерна в сельскохозяйственных организациях

Субъекты	Намолочено зерна (без кукурузы), тыс. т				Намолочено зерна с 1 га, ц/га			
	всего		в том числе пшеницы		всего		в том числе пшеницы	
	2021 г.	2021 г. к 2020 г., %	2021 г.	2021 г. к 2020 г., %	2021 г.	2021 г. к 2020 г., %	2021 г.	2021 г. к 2020 г., %
Российская Федерация	73913,0	87,0	52181,0	86,1	27,9	90,6	30,0	89,6
Центральный федеральный округ	18456,2	72,1	13056,0	69,6	35,9	78,2	37,9	75,3
Белгородская область	1726,5	71,5	1437,5	69,0	43,7	82,9	45,2	81,7
Воронежская область	2260,7	62,4	1253,2	47,0	31,7	74,4	31,2	67,7
Курская область	2574,8	72,4	1978,1	73,6	43,0	78,0	44,3	76,0
Липецкая область	2103,1	65,8	1520,5	64,8	37,2	68,5	37,6	65,5
Тамбовская область	2061,6	62,7	1343,0	56,4	33,2	70,8	33,7	67,3

Таблица 2 – Динамика производства и реализации зерна в Воронежской области

Показатели	Годы								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Количество реализованной продукции, ц	21435643	20245706	26015017	25571928	28851530	31489662	35761354	32094121	404359
Полная себестоимость продукции, тыс. руб.	10483389	10101798	12336485	14808274	17405184	16481670	24281959	21661509	27342972
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	14224973	11670206	15854137	20962847	23316103	20562908	31375967	30636473	47202397
Себестоимость 1ц, руб.	489	499	474	579	603	523	679	675	676
Цена реализации 1ц, руб.	664	576	609	820	808	653	877	955	1167
Уровень рентабельности, %	35,7	15,5	28,5	41,6	34,0	24,8	29,1	41,4	72,6
Количество произведенной продукции, ц	23916000	21893000	27022000	26383000	28928000	39518000	36125816	39576654	48642696
Уровень товарности, %	89,6	92,5	96,3	96,9	99,7	79,7	99,0	81,1	83,1

Таблица 3 – Средние показатели рядов динамики данных о производстве и реализации зерна за 2012-2020 годы в Воронежской области

Показатели	Абсолютный прирост	Темп роста, %	Темп прироста, %
Количество реализованной продукции, ц	2375,0	108,4	8,4
Полная себестоимость продукции, тыс. руб.	2107,4	112,7	12,7
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	4122,3	116,1	16,1
Себестоимость 1ц, руб.	23,4	104,3	4,3
Цена реализации 1ц, руб.	62,9	107,6	7,6
Количество произведенной продукции, ц	3090,9	109,2	9,2
Урожайность, ц/га	2,4	107,6	7,6
Посевная площадь, тыс. га	16,3	101,2	1,2

а с 2017 года до 2020 год колебалась от 20,6 млн. руб. до 47,2 млн. руб. В среднем ежегодно за изучаемый период выручка от реализации зерна в сельскохозяйственных организациях Воронежской области возрастала на 4122,3 млн. руб. или на 16,1% вследствие среднего ежегодного роста количества и цены одного центнера реализованного зерна соответственно на 8,4% и 7,6%. При этом цена реализации

одного центнера зерна колебалась от 576 руб. в 2013 году до 1167 руб. в 2020 году, а уровень рентабельности соответственно от 15,5% до 72,6%. В 2020 году выручка от реализации достигла максимального значения за изучаемый период в результате наибольшего количества реализованного зерна и цене реализации, которая составила 1167 руб.

Таблица 4 – Средние потребительские цены в октябре на муку пшеничную и реализованную производителями пшеницы (за один килограмм), руб.

Субъекты	На пшеницу				На муку пшеничную			
	2020 г.	2021 г.	2020 г. к 2019 г., %	2021 г. к 2020 г., %	2020 г.	2021 г.	2020 г. к 2019 г., %	2021 г. к 2020 г., %
Российская Федерация	12,30	14,71	117,5	119,6	40,27	44,71	109,9	111,0
ЦФО	11,99	14,28	117,5	119,0	43,40	48,51	108,6	111,8
Белгородская область	11,94	14,75	115,7	123,5	36,89	41,63	113,6	112,8
Воронежская область	12,47	13,08	120,9	104,9	34,76	39,57	105,4	113,8
Курская область	12,18	14,95	126,8	122,8	36,33	40,99	110,8	112,8
Липецкая область	11,24	15,22	112,1	135,5	36,84	39,93	106,5	108,4
Тамбовская область	11,56	14,29	109,9	123,7	36,71	40,22	108,4	109,6

Выручка от реализации зерна в значительной степени зависит от уровня цен на пшеницу, так как в сельскохозяйственных организациях Воронежской области в стоимости товарного зерна за 2018-2020 годы на ее долю приходилось 62,9-69,1%. Анализ средних цен реализации пшеницы, которые представлены в таблице 4, показал, что в Воронежской области в 2020-2021годах их рост составил по сравнению с предыдущими периодами 20,9% и 4,9%. При этом следует отметить, что цена в 2020 году была выше, чем в ЦФО на 0,48 руб., а в 2021 году, наоборот, ниже на 1,20 руб. в связи со снижением качества реализованной пшеницы [2].

Уровень цены муки пшеничной в Воронежской области был наименьший по сравнению с данными других областей Черноземья и ниже среднего по ЦФО за 2020 год на 8,64 руб. и 2021 год на 8,94 руб. Однако темп ее роста в 2021 год по сравнению с предыдущим периодом оказался наибольшим, превысив уровень в областях Черноземья на 1,0-5,4%.

Таким образом, в сельскохозяйственных организациях Воронежской области в 2021 году имел место наименьший уровень урожайности и цены реализации пшеницы среди пяти областей Черноземья, а средний рост выручки от реализации зерна за 2012-2020 годы в большей степени обусловлен количеством реализованной продукции.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы.

Воронежская область является одним из ведущих производителей зерна в Центрально-черноземном регионе. Ее региональному зерновому рынку присущи следующие основные тенденции:

- в производстве зерна – сокращение его объема вследствие погодно-климатических условий и снижения уровня ведения зерновой отрасли;

- в реализации зерна – снижение эффективности его производства; увеличение количества малых предприятий, занимающихся производством муки и хлебобулочных изделий;

- нехватка мощностей по хранению и переработке зерна; ухудшение качества выпускаемой продукции; неустойчивость конъюнктуры рыночных цен на зерно, связанное со слабой регулирующей ролью государства.

На наш взгляд, выход из данного положения лежит в формировании цивилизованного регионального зернового рынка, который возможен лишь при усилении роли государства как основного регулятора рынка. При этом государственное регулирование зернового рынка должно представлять собой систему, включающую в себя долгосрочную стратегию его развития, выбор приоритетных направлений и конкретных форм регулирования, а также оптимальное сочетание экономических и организационно-административных мер воздействия федерального и региональных уровней, основанных на стратегических долгосрочных подходах к формированию устойчивого долгосрочного спроса и инфраструктуры хранения и переработки этого ценнейшего воспроизводимого ресурса.

К числу ключевых направлений регулирования производства и реализации зерна в регионе необходимо отнести:

- стабилизацию площадей посевов зерновых культур и повышение их урожайности за счет внедрения современных систем земледелия;

- развитие органического производства зерна, которое позволит значительно повысить качество продукции и цены реализации; совершенствование структуры посевных площадей,

- развитие производственной и транспортной инфраструктур, обеспечение гарантии сбыта товарного зерна;

- ценовая, финансово-кредитная и налоговая поддержка товаропроизводителей зерна;
- формирование резервного фонда зерна;
- проведение государственных залоговых операций с зерном, и осуществление товарных интервенций.

Реализация данных стратегических мероприятий позволит повысить уровень экономической эффективности производства зерна и сельскохозяйственного производства в целом.

Библиография

1. Анализ использования производственного потенциала в сельскохозяйственных организациях Воронежской области / Дорофеев А.Ф., Восковых А.М., Зуева Е.Е., Стафеева И.А., Зуева Е.Н. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 3 (31). С. 166-171.
2. Зерно и продукты его переработки в Российской Федерации за январь-октябрь 2021 года: Аналит. докл. / Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ) главный межрегиональный центр (ГМЦ РОССТАТА). – М, 2021. – 55 с.
3. Киварина М.В. Анализ современного состояния и динамики развития растениеводства в России / М.В. Киварина // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 5. – С. 47-57.
4. Статистика с основами социально-экономической статистики: учебное пособие / Хаустова Г.И., Панина Е.Б., Степанова Т.А. и др.; под ред. В.А. Лубкова. – Воронеж : Изд-во ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – 157 с.

References

1. Analysis of the use of production potential in agricultural organizations of the Voronezh region / Dorofeev A.F., Wax A.M., Zueva E.E., Stafeeva I.A., Zueva E.N. // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2021. № 3 (31). Pp. 166-171.
2. Grain and its processed products in the Russian Federation for January-October 2021: Analyte. dokl. / Federal State Statistics Service (ROSSTAT) main interregional center (GMC ROSSTAT). – M, 2021. – 55 c.
3. Kivarina M.V. Analysis of the current state and dynamics of crop production development in Russia / M.V. Kivarina // Bulletin of Agrarian Science. – 2020. – № 5. – Pp. 47-57.
4. Statistics with the basics of socio-economic statistics: textbook / Khaustova G.I., Panina E.B., Stepanova T.A., etc.; edited by V.A. Lubkov. – Voronezh : Publishing house of the Voronezh State Pedagogical University, 2020. – 157 p.

Сведения об авторах

Дорофеев Андрей Федорович, доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1, e-mail: dorofeev@bsaa.edu.ru;

Восковых Александр Михайлович, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1, тел. +79204057914, e-mail: vosk1959@yandex.ru;

Зуев Сергей Николаевич, кандидат биологических наук, старший преподаватель каф. безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, г. Белгород, улица Костюкова 46, тел. +79205740109;

Стафеева Ирина Александровна, аудитор, ООО «ВМК Групп», тел. +79525430844;

Девальд Екатерина Николаевна, соскатель, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1, тел. 89914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru;

Зуев Николай Петрович, доктор ветеринарных наук, кафедра незаразной патологии, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Профессорская, 44, тел.+79914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru;

Попова Ольга Владимировна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и паразитологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1, тел. +79914057424.

Information about authors

Dorofeev Andrey Fedorovich, Doctor of Economics, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 308503, Belgorod region, Belgorod district, Maisky settlement, st. Vavilova, 1, e-mail: dorofeev@bsaa.edu.ru;

Voskovykh Alexander Mikhailovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh, st. Michurina, d.1, tel. +79204057914, e-mail: vosk1959@yandex.ru;

Zuev Sergey Nikolaevich, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Dept. life safety FSBEI HE Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Kostyukova street 46, tel. +79205740109;

Stafeeva Irina Aleksandrovna, Auditor of VMK Group LLC, tel. +79525430844;

Devald Ekaterina Nikolaevna, post-graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 308503, Belgorod region, Belgorod district, Maisky settlement, st. Vavilova, 1, phone: +79914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru;

Zuev Nikolay Petrovich, Doctor of Veterinary Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 308503, Belgorod region, Belgorod district, Maisky settlement, st. Professorskaya, 44, phone: +79914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru;

Popova Olga Vladimirovna, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Epizootology and Parasitology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh, st. Michurina, d.1, tel. +79914057424.

УДК 631.15:658.155

О.И. Золотарёва, С.Н. Золотарёв

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ ЗАТРАТ И ПРИБЫЛЬЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В настоящее время приоритетной задачей любого бизнеса становится управление затратами, которое обеспечивает его конкурентоспособность и устойчивое развитие. В связи с этим можно заключить, что понимание такой сложной категории как затраты предприятия является основой к успешному управлению ими, а, следовательно, и к формированию эффективной деятельности предприятия в целом. В данной статье рассматривается два основных метода управления затратами (расходами) предприятия: метод, основанный на определении критического объема продаж (нахождение точки безубыточности); метод покрытия затрат по продукции, основанные на делении затрат на постоянные и переменные. И в связи с этим изучается и предлагается методика формирования таковых затрат в учете и отчетности на примере конкретного предприятия отрасли свиноводства. Важным выводом служит понимание того, что вся система, связанная с формированием затрат, зависит от специфики отрасли, в которой работает предприятие, особенностей его деятельности и прочих играющих важную роль факторов. При этом процесс формирования затрат является актуальным для всех видов деятельности, так как от того, насколько грамотно он будет осуществлен как на отдельном предприятии, так и в целом в экономике страны в целом, зависит эффективность функционирования экономической системы.

Ключевые слова: затраты, прибыль, себестоимость, безубыточность, покрытие затрат, «директ-костинг», место возникновения затрат.

COST AND PROFIT GENERATION MANAGEMENT AGRICULTURAL ENTERPRISES

Abstract. Currently, the priority task of any business is cost management, which, among other things, ensures its competitiveness and sustainable development. In this regard, it can be concluded that understanding such a complex category as the costs of an enterprise is the basis for successful management of them, and, consequently, for the formation of effective activity of the enterprise as a whole. This article discusses two main methods of managing the costs (expenses) of an enterprise: a method based on determining the critical volume of sales (finding the break-even point); a method of covering production costs based on the division of costs into fixed and variable. And in this regard, the methodology for the formation of such costs and reporting is being studied and proposed on the example of a specific pig industry enterprise. An important conclusion is the understanding that the entire system associated with the formation of costs depends on the specifics of the industry in which the enterprise operates, the specifics of its activities and other factors that play an important role. At the same time, the process of cost formation is relevant for all types of activities, since the efficiency of the functioning of the economic system depends on how competently it will be carried out both at a separate enterprise and in the economy of the country as a whole.

Keywords: costs, profit, cost, break-even, cost coverage, "direct costing", the place of occurrence of costs.

В современных условиях основной целью деятельности предприятий является достижение максимальной прибыли, поскольку прибыль – основа и источник средств для дальнейшего развития. Экономический результат любой деятельности в общем виде определяется разностью дохода от продажи товаров (работ, услуг) и затрат на их производство и (или) реализацию, поэтому трудно переоценить важность анализа затрат и управления ими на предприятиях. Управление затратами как средство достижения предприятием высокого экономического результата не сводится только к снижению затрат, но и распространяется на все

элементы управления. В связи с этим разработку новых нетрадиционных систем управления затратами, изучение вопросов повышения качественных характеристик и аналитичности информации о них – одна из актуальных проблем в экономике.

Белгородская область является одним из лидеров животноводства мясного направления в стране. В 2021 г. наблюдалось снижение поголовья свиней (вспышка АЧС), а также незначительно сократилось поголовье овец и коз. Производство скота и птицы на убой демонстрирует довольно устойчивую динамику и в 2016-2021 гг. выросло на 8%.



Рис. 1 – Динамика поголовья и производства скота и птицы на убой в Белгородской области за 2016-2021 гг.

В топ-20 крупнейших российских производителей свинины России вошли четыре компании, мощности которых расположены на территории Белгородской области: 1-е место АПХ «Мираторг» – производство свинины на убой в живом весе 555,2 тыс. т, 11,2% доля в общем объеме промышленного производства в РФ; 2-е место – АО «Сибагро» – 365,7 тыс. т, 7,40%, соответственно, 4-е место – Группа компаний «РусАгро» – 308,6 тыс. т, 6,20%, 6-е – ООО «ГК Агро-Белогорье» – 253,6 тыс. т, 5,10% [6].

Свиноводством в регионе занимаются 13 предприятий, суммарно в них насчитывается более 4661,5 тыс. голов животных, из них лидерами по производству являются ООО «Мираторг» и ООО ГК «Агро-Белогорье», на их долю приходится 1578 тыс. голов или 33,9% и 1257,9 тыс. гол. или 26,9%, соответственно.

Себестоимость производства свинины в России в два раза выше, чем в других странах мира. Как показывает мировая практика, изменение организации производства, сокращение издержек и затрат могут дать возможность рос-

сийским производителям не только заметить импорт внутри страны, но и вписаться в мировую систему животноводства.

Попробуем разобраться в этом вопросе на примере конкретных предприятий ГК «Агро-Белогорье» (данные

табл. 1) для того, чтобы исследуемые вопросы и их решение в дальнейшем можно было применить не только на некоторых предприятиях группы компаний, но и в целом по отрасли.

Таблица 1 – Основные производственные и финансово-экономические показатели отрасли свиноводства на примере предприятий ГК «Агро-Белогорье»

Показатель	2019г	2020г	2021г	Откл. 2021 г. от 2019 г.	
				(+;-)	%
ОАО «Графовский свинокомплекс»					
Поголовье, голов	73016	71435	71811	-1205	98,4
Производство привеса, ц	144607	144819	149674	5067	103,5
Среднесуточный привес, г	545	548	568	23	104,2
Реализовано всего, ц	141043	144498	147250	6207	104,4
Уровень товарности, %	97,5	99,7	98,3	0,8	-
Себестоимость 1 ц реализованной продукции, руб.	7367,4	7094,2	7737,5	370,1	105,0
Средняя цена реализации 1 ц, руб.	8812,1	8589,3	10305,0	1492,9	116,9
Прибыль от продажи, руб.	1444,7	1495,1	2567,5	1122,8	177,7
Рентабельность продаж, руб.	16,4	17,4	24,9	8,5	-
АО «Крюковский свинокомплекс»					
Поголовье, голов	61904	60622	63220	1316	102,1
Производство привеса, ц	145156	147490	151950	6794	104,7
Среднесуточный привес, г	541	536	575	34	106,3
Реализовано всего, ц	144810	143700	146112	1302	100,9
Уровень товарности, %	99,8	97,4	96,2	-3,6	-
Себестоимость 1 ц реализованной продукции, руб.	7208,2	7091,5	8081,7	873,5	112,1
Средняя цена реализации 1 ц, руб.	8284,5	8548,3	10588,3	2303,8	127,8
Прибыль от продажи, руб.	1076,3	1456,8	2506,6	1430,3	232,9
Рентабельность продаж, руб.	12,9	17,04	23,7	10,8	-

Анализ данных таблицы 1 показал, что за анализируемый период наблюдается рост показателей прибыли и рентабельности продаж комплексов, что говорит об эффективности производства продукции свиноводства. Однако наряду с ростом цены реализации, происходит и рост затрат, чем это обусловлено, как управлять ими, чтобы производством было еще эффективнее – цель нашего исследования.

В качестве объектов учета затрат в свиноводстве в ООО «Графовский свинокомплекс» выделяют отдельные группы животных: основные, проверяемые, ремонтные свиноматки и хряки; поросята подсосные; ремонтный молодняк; поросята на доращивании; свиньи на откорме, поэтому аналитический учет построен в разрезе групп животных и ферм предприятия. Причем учетные группы в конкретных фермах предприятия будут являться разными, это связано с тем, что на предприятии используется поточно-цеховая система производства, согласно которой технологический процесс разделен на отдельные стадии. Исходя из этого поголовье свиней размещено в ООО «Графовский свинокомплекс» на 4 фермах, участок воспроизводства «Долгое-2», участок доращивания «Дубина», участок откорма «Дубина-1», участок откорма «Яружка», соответственно и учетные группы на этих фермах будут разными.

Кроме того, на предприятии согласно Учетной политике, установлены подразделения по содержанию живот-

ных: участок воспроизводства; участок доращивания; участок откорма; участок племенного и откормочного поголовья; участок производства семени.

Практика работы любого предприятия показывает, что без правильной оценки реальной себестоимости продукции, в том числе и структуры затрат нельзя правильно управлять эффективностью производства [2]. Одной из важных функций управления затратами аграрных предприятий является анализ себестоимости продукции, состава и структуры затрат, формирующих ее. В качестве информационной базы анализа себестоимости сельскохозяйственной продукции выступают данные бухгалтерской отчетности «Отчет о производстве, затратах, себестоимости и реализации продукции животноводства», (ф. № 13-АПК), плановые и отчетные калькуляции себестоимости продукции, данные синтетического и аналитического учета затрат по основному производству аграрного предприятия и т.д. [5].

Анализ динамики себестоимости сельскохозяйственной продукции осуществляется для накопления информации о затратах за ряд лет, факторах их изменения. Для того чтобы проанализировать затраты по видам, можно составлять соответствующие аналитические таблицы по данным бухгалтерской отчетности (табл.2).

Таблица 2 – Анализ расходов АО «Графовский свинокомплекс» по элементам затрат

Элемент затрат	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Темп роста, %
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	
Материальные затраты	833333	41,7	810422	42,4	922487	39,9	110,7
Затраты на оплату труда	55305	2,8	56323	2,9	63965	2,8	115,7
Отчисления на социальные нужды	18609	0,9	19006	0,9	21490	0,9	115,5
Амортизация	32299	1,6	31480	1,7	31981	1,4	99,0
Прочие затраты	1059689	53,0	995620	52,1	1269109	54,9	119,8
Итого	1999222	100,0	1912851	100,0	2309032	100,0	115,5

Данные таблицы свидетельствуют о том, что в отчетном году по сравнению с базисным расходы АО «Графовский свинокомплекс» возросли на 309810 тыс. руб., или на 15,5%. В составе всех элементов затрат произошли некоторые изменения. Так, в отчетном году на 10,7% по сравнению с 2019 г. произошел рост материальных затрат, а их доля в структуре уменьшилась до 39,9%. Сумма затрат на оплату труда остаётся стабильной на протяжении анализируемого периода на 2,8%. Значительный темп роста прочих затрат у организации произошёл за счет увеличения косвенных расходов в том числе.

Все это непременно будет влиять на процесс управления затратами на производство, который охватывает все

аспекты хозяйственной деятельности предприятия. По аналитическому счету «Основное стадо свиней» учитывают затраты по содержанию свиноматок основных, проверяемых и хряков. Основным видом продукции этой группы животных является приплод поросят и прирост живой массы поросят до двух месяцев. Фактическая себестоимость этого вида продукции исчисляется делением суммы затрат на содержание основного стада за минусом стоимости побочной продукции на количество центнеров полученного прироста живой массы и приплода поросят. Более наглядно информация из ф. 13-АПК сгруппирована в таблице 3.

Таблица 3 – Сведения о производстве, затратах, себестоимости продукции свиноводства за 2021 г.

Вид животных	Средне-годовое поголовье, гол.	Затраты, тыс. руб.	Выход продукции				
			наименование	Ед. изм.	Кол-во	Всего, тыс. руб.	Единицы продукции, руб.
Свиньи, всего	х		х				
в том числе							
- свиноматки основные и проверяемые	5054	1296677	Масса поросят при рождении	ц	1391	210848	151,58015
			Поросята-отъемыши	гол	139093	х	х
			Прирост поросят-отъемышей	ц	7537	104756	13,898898
- животные на выращивании и откорме	67097		Прирост	ц	142136	981073	6,902354

Если представить подробно состав и структуру затрат по основным статьям затрат в ООО «Графовский свинокомплекс», то наибольший удельный вес в структуре себестоимости единицы продукции на протяжении трех лет занимает такая статья затрат как корма, в 2021 г. – 63,6% или 4615,4 руб., поскольку именно они необходимы предприятию для получения хорошего показателя прироста продукции свиноводства. По этой статье происходит ежегодное увеличение в связи с ростом цен на корма.

С целью эффективного управления затратами с целью их управляемости и минимизации, предлагаем (по местам возникновения затрат, центрам ответственности и применять существующие инновационные методы калькулирования себестоимости применительно к центрам ответственности) [3].

Название МВЗ должно отражать процесс, который в нем производится (например «Участок воспроизводства», «Участок доращивания», «Участок откорма»). Это позволяет рассматривать себестоимость как в разрезе МВЗ, так и в разрезе процессов. При этом отпадает необходимость в отдельных статьях, обозначающих процессы.

Под местом возникновения затрат подразумевают структурное подразделение, цех, службу или отдельный участок, где выпускают продукцию, выполняют работы, оказывают услуги, используя различные ресурсы. Группировка по месту возникновения позволяет планировать затраты, учитывать и контролировать фактическое потребление ресурсов, анализировать динамику затрат и оптимизировать их.

Пример аналитики мест возникновения затрат по подразделению «Основное производство» приведен на рис. 2.

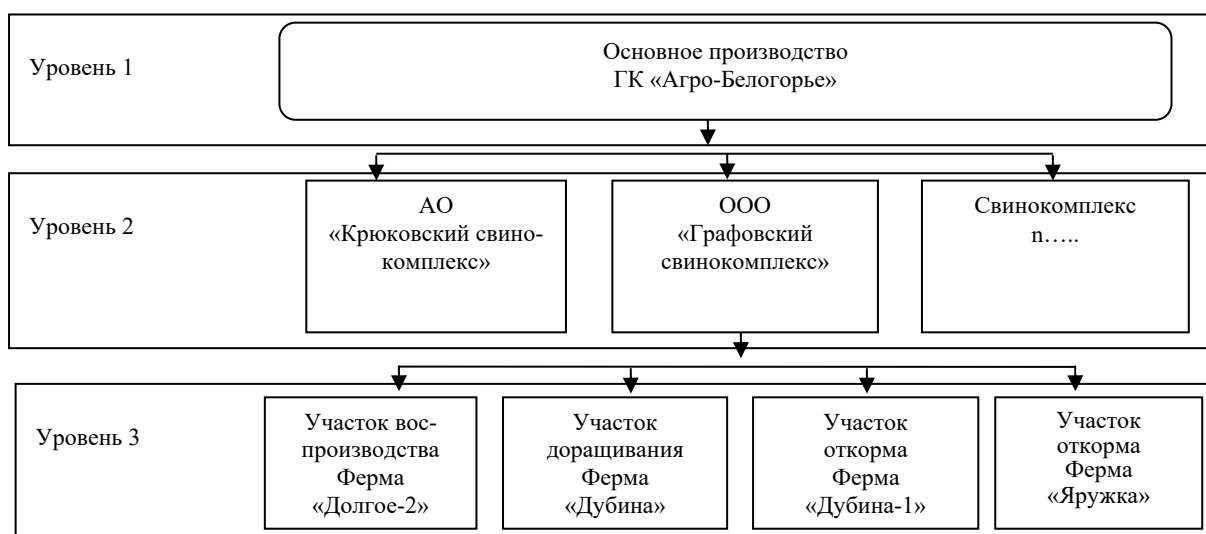


Рис. 2 – Места возникновения затрат подразделения «Основное производство» на примере ООО «ГК Агро-Белогорье»

На основе имеющегося распределения по местам возникновения затрат и с целью их анализа, контроля и планирования, предлагаем ГК «Агро-Белогорье» формировать управленческий отчет о производственных затратах на вы-

пуск продукции, который будет содержать аналитику по элементам, статьям затрат и мест их возникновения, форма, которого представлена в табл. 4.

Таблица 4 – Управленческий отчет о затратах производства по местам возникновения (макет), руб.

Элементы затрат (статьи затрат)	Затраты, всего	ООО «Графовский свинокомплекс»				АО «Крюковский свинокомплекс»			
		Участок воспроизводства Ферма «Долгое-2»	Участок доращивания Ферма «Дубина»	Участок откорма фермы		Участок воспроизводства	Участок доращивания	Участок откорма фермы	
				«Дубина-1»	«Яружка»			Ферма №1	Ферма № 2
Материальные затраты:	2027075	...	...	...	...	...	...	...	...
- корма	1358140	...	...	...	...	...	...	...	...
....
Оплата труда с отчислениями:	172499	...	...	...	...	...	...	...	...
- производственных рабочих	141449	...	...	...	...	...	...	...	...
- АУП	31050	...	...	...	...	...	...	...	...
Амортизация	198300	...	...	...	...	...	...	...	...
Прочие затраты:	1275623	...	...	...	...	...	...	...	...
прямые, в т.ч.	1046011	...	...	...	...	...	...	...	...
...
косвенные, в т.ч.	229612	...	...	...	...	...	...	...	...
....
Итого затрат	3673497	...	...	...	...	...	...	...	...

Используя в учете группировку по местам возникновения затрат, предприятие может производить корректное калькулирование себестоимости продукции, контролировать эффективность работы подразделений. В данном случае все статьи затрат отражаются согласно утвержденному в учетной системе предприятия справочнику подразделений.

Кроме того, составленный таким образом управленческий отчет о затратах на производство позволит не только контролировать и анализировать затраты по местам их возникновения, но и эффективно их планировать, используя интенсивную модель развития хозяйствующего субъекта при решении стратегических задач управления систему Direct-Costing-System (система учета прямых затрат).

Ученые активно дискутируют о преимуществах и недостатках данной системы, о возможности ее адаптации в различных видах экономики России. В трудах М.А. Вахрушиной, В.Б. Ивашкевича, В.Э. Керимова, С.А. Рассказовой-Николаевой, Л.В. Усатовой и других рассмотрена актуаль-

ная проблема формирования реальной, «правдивой» себестоимости продукта на базе переменных затрат. Многие специалисты сходятся во мнении, что освобождение себестоимости от постоянных затрат позволяет повысить уровень эффективности управленческих решений в системе ценообразования и управления прибылью [7].

Основными преимуществами системы «директ-костинг» являются: контроль и регулирование постоянных расходов, текущая оценка их влияния на прибыль организации; возможность гибко и оперативно принимать управленческие решения по координации процессов формирования затрат, себестоимости, прибыли [4].

На примере исследуемой отрасли и хозяйствующего субъекта ГК «Агро-Белогорье» проведем анализ покрытия затрат и определения безубыточности производственной деятельности на примере предприятия ООО «Графовский свинокомплекс» (таблица 5).

Таблица 5 – Анализ покрытия затрат и определения безубыточности производственной деятельности в ООО «Графовский свинокомплекс» за 2019-2021 гг.

Наименование показателя	2019г	2020г	2021г	Откл. 2021г. от 2019 г.	
				(+;-)	%
Выручка, тыс. руб.	1242884	1241138	1517415	274531	122,09
Объем производства, ц	144607	144819	149674	5067	103,5
Постоянные затраты, тыс. руб.	202627	184129	207525	4898	102,4
Переменные затраты, тыс. руб.	836483	838813	931817	95334	111,4
Прибыль, тыс. руб.	203774	216040	378073	174299	185,5
Сумма покрытия затрат, руб.	406401	402325	585598	179197	144,1
Сумма покрытия затрат, %	32,7	32,4	38,6	5,9	-
Точка безубыточности, тыс. руб.	619688	568022	537744	-81944	86,8
На какую сумму нужно продавать продукции в день, руб.	20656	18934	17925	-2731	86,8
Порог безопасности (КБ), %	50,1	54,2	64,6	14,5	-

За анализируемый период мы наблюдаем снижение точки безубыточности на 81944 тыс. руб. или 13,2%, это еще раз характеризует успешную работу ООО «Графовский свинокомплекс». Кроме того, осуществляя таким образом анализ затрат и прибыли, предприятие сможет планировать и прогнозировать свою финансово-хозяйственную деятельность [1]. Глядя на все эти расчёты, можно также понять эффективно ли работает организация, для этого есть такое понятие как порог безопасности. Данный параметр вычисляется в процентах. Если порог безопасности более 30%, то это говорит о правильном планировании бизнеса. Если данный коэффициент $КБ < 30\%$, то следует принять меры по улучшению финансовых показателей. На анализируемом предприятии порог безопасности за 2019-2021гг., соответственно, составил 50,1-64,6%, что характеризует стабильно хорошую финансовую безопасность предприятия.

Управление затратами сложный и трудоемкий процесс, который достаточно непросто организовать в отрасли сельского хозяйства, учитывая специфику её деятельности.

Библиография

1. Золотарева О.И. Мероприятия, направленные на повышение финансовой устойчивости сельскохозяйственной организации [Текст] / О.И. Золотарева, С.Н. Золотарев // Материалы XXIII международной научно-производственной конференции. – 2019. – С. 203-205.
2. Золотарёва О.И. Сущность управления затратами в российской практике [Текст] / О.И. Золотарева, С.Н. Золотарев, В.И. Горматин, А.П. Бреславец // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2016. – № 9-3 (25). – С. 111-114.
3. Золотарёва О.И. Управленческий подход к оценке эффективности хозяйственной деятельности предприятия [Текст] / О.И. Золотарёва // Российский экономический интернет-журнал. – 2018. – № 4. – С. 43.
4. Божченко Ж.А. Доходность сельскохозяйственной организации как основной элемент оценки эффективности деятельности [Текст] / Божченко Ж.А., Голованева Е.А., Божченко В.Ю. // В сборнике: устойчивое и инновационное развитие в цифровую эпоху. Материалы III Международной научно-практической конференции. – 2021. – С. 275-282.
5. Наседкина Т.И. Бухгалтерская отчетность как основа анализа финансовой устойчивости предприятия [Текст] / Наседкина Т.И., Черных А.И., Демешева И.А. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 1 (33). – С. 39-50.
6. Рейтинг ТОП-20 крупнейших производителей свинины в России за 2021 год // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.moshol14.ru/press-centr/novosti-rynka/svinokompleksy>. – 02.02.2022.
7. Шалаева Л.В. Современные системы управления затратами как важнейший инструмент стратегического управленческого учета [Текст] / Л.В. Шалаева // Международный бухгалтерский учет. 2012. № 21 (219). С. 7-21.

References

1. Zolotareva O.I. Measures aimed at improving the financial stability of an agricultural organization [Text] / O.I. Zolotareva, S.N. Zolotarev // Materials of the XXIII International Scientific and Production Conference. – 2019. – Pp. 203-205.
2. Zolotareva O.I. The essence of cost management in Russian practice [Text] / O.I. Zolotareva, S.N. Zolotarev, V.I. Gormatin, A.P. Breslavets // Competitiveness in the global world: economics, science, technology. – 2016. – № 9-3 (25). – Pp. 111-114.
3. Zolotareva O.I. Managerial approach to assessing the efficiency of economic activity of an enterprise [Text] / O.I. Zolotareva // Russian Economic Online Journal. – 2018. – № 4. – P. 43.
4. Bozhchenko Zh.A. Profitability of an agricultural organization as the main element of assessing the effectiveness of activity [Text] / Bozhchenko Zh.A., Golovaneva E.A., Bozhchenko V.Yu. // In the collection: sustainable and innovative development in the digital age. Materials of the III International Scientific and Practical Conference. – 2021. – Pp. 275-282.
5. Nasedkina T.I. Accounting statements as a basis for analyzing the financial stability of an enterprise [Text] / Nasedkina T.I., Chernykh A.I., Demesheva I.A. // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2022. – № 1 (33). – Pp. 39-50.
6. Rating of the TOP 20 largest pork producers in Russia for 2021. // [Electronic resource]. – URL: <https://www.moshol14.ru/press-centr/novosti-rynka/svinokompleksy>. – 02.02.2022.
7. Shalaeva L.V. Modern cost management systems as the most important tools of strategic management accounting [Text] / L.V. Shalaeva // International accounting. 2012. № 21 (219). Pp. 7-21.

Сведения об авторах

Золотарёва Оксана Ивановна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, 89056752256, savateevaoksana@mail.ru;

Золотарёв Сергей Николаевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, 89103647126, s.n.zolotarev@mail.ru.

Information about authors

Zolotareva Oksana Ivanovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod Region, Russia, 308503, 89056752256, savateevaoksana@mail.ru;

Zolotarev Sergey Nikolaevich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod Region, Russia, 308503, 89103647126, s.n.zolotarev@mail.ru.

УДК 332.14

О.В. Петрушина, Д.И. Жиликов

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ ГОСУДАРСТВА

Аннотация. Обоснована значимость и актуальность прогнозирования результатов аграрной политики в условиях децентрализованной открытой экономики. На основе системного обобщения отечественной и зарубежной практики государственного регулирования авторами обоснована специфика прогнозирования результатов аграрной политики, обусловленная особенностями агропромышленного комплекса как объекта прогнозирования. АПК представляет собой комплекс органически взаимосвязанных отраслей, поэтому возникает необходимость выделения первичного структурного элемента, оказывающего непосредственное влияние на условия и результаты функционирования всех составляющих агросферы России. С точки зрения обеспечения воспроизводственного процесса первичным структурным элементом АПК является сельское хозяйство. Исходя из этого, в исследовании разработана концептуальная модель анализа текущего состояния и перспектив развития агропромышленного комплекса, отвечающая требованиям товарно-ресурсной сбалансированности и обеспечения воспроизводственного процесса. Выделено три группы пропорций, определяющих ключевые условия прогнозирования, учитывающих межотраслевые отношения и алгоритмы формирования стоимости продукции АПК. Авторами определена роль аграрной политики в достижении целевых показателей социально-экономического развития РФ при реализации программно-проектного подхода к системе государственного регулирования. С учетом описанных методических подходов разработан алгоритм прогнозирования результатов аграрной политики. Предлагаемый алгоритм включает ряд взаимосвязанных последовательных этапов: оценку текущего состояния развития отрасли и действующей системы государственного регулирования; выявление факторов, определяющих специфические условия прогнозирования результатов аграрной политики; формулировку сценарных условий прогнозирования; осуществление расчетно-аналитических процедур; сопоставление результатов прогнозов с целями государственной аграрной политики; разработку направлений совершенствования аграрной политики. Авторами разработана систематизация факторов, определяющих специфические условия прогнозирования результатов аграрной политики. Выделены и обоснованы экономические, социальные, экологические и технологические факторы. Сочетание заявленных факторов определяет параметризацию и описание сценарных условий прогнозирования: потенциала социально-экономического развития конкретной территории, условий действующей системы государственного регулирования, уровень развития ресурсных и перерабатывающих отраслей. Реализация разработанного алгоритма прогнозирования позволяет учесть влияние факторов экономической среды и разработать направления совершенствования государственной аграрной политики.

Ключевые слова: аграрная политика, сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, прогнозирование, государственное регулирование, сценарное моделирование, факторы.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF FORECASTING THE RESULTS OF THE AGRARIAN POLICY OF THE STATE

Abstract. The importance and relevance of forecasting the results of agricultural policy in a decentralized open economy is substantiated. On the basis of a systematic generalization of domestic and foreign practice of state regulation, the authors substantiate the specifics of forecasting the results of agricultural policy, due to the peculiarities of the agro-industrial complex as an object of forecasting. The agro-industrial complex is a complex of organically interconnected industries, therefore there is a need to identify the primary structural element that has a direct impact on the conditions and results of the functioning of all components of the agricultural sphere of Russia. From the point of view of ensuring the reproduction process, agriculture is the primary structural element of the agro-industrial complex. Based on this, the study developed a conceptual model for analyzing the current state and prospects for the development of the agro-industrial complex, meeting the requirements of commodity-resource balance and ensuring the reproduction process. There are three groups of proportions that determine the key conditions of forecasting, taking into account inter-industry relations and algorithms for the formation of the cost of agricultural products. The authors define the role of agrarian policy in achieving the target indicators of socio-economic development of the Russian Federation in the implementation of the program-project approach to the system of state regulation. Taking into account the described methodological approaches, an algorithm for predicting the results of agricultural policy has been developed. The proposed algorithm includes a number of interrelated sequential stages: assessment of the current state of development of the industry and the current system of state regulation; identification of factors determining the specific conditions for forecasting the results of agricultural policy; formulation of scenario conditions for forecasting; implementation of calculation and analytical procedures; comparison of forecast results with the objectives of the state agrarian policy; development of directions for improving agricultural policy. The authors have developed a systematization of factors that determine the specific conditions for predicting the results of the agrarian policy. Economic, social, environmental and technological factors are identified and justified. The combination of the stated factors determines the parameterization and description of the scenario conditions of forecasting: the potential of socio-economic development of a particular territory, the conditions of the current system of state regulation, the level of development of resource and processing industries. The implementation of the developed forecasting algorithm makes it possible to take into account the influence of factors of the economic environment and develop directions for improving the state agrarian policy.

Keywords: agrarian policy, agriculture, agro-industrial complex, forecasting, state regulation, scenario modeling, factors.

В условиях децентрализованной открытой экономики прогнозирование будущих изменений является неотъемлемой частью государственного регулирования. Формирование системы прогнозирования как условия экономической концепции аграрной политики государства отражено в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации и иных документах стратегического планирования [10].

Юридическую основу прогнозирования результатов аграрной политики составляет ряд законов и подзаконных

нормативно-правовых актов. Стратегические ориентиры реализации аграрной политики государства до 2023 года описаны в прогнозе научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ [6].

Прогнозирование аграрной политики имеет специфику, обусловленную особенностями агропромышленного комплекса как объекта прогнозирования. Поскольку АПК представляет собой комплекс органически взаимосвязанных отраслей, возникает необходимость выделения пер-

вичного структурного элемента, оказывающего непосредственное влияние на условия и результаты функционирования всех составляющих агросферы России. С точки зрения

обеспечения воспроизводственного процесса первичным структурным элементом АПК является сельское хозяйство.

Концептуальная модель анализа и прогнозирования развития АПК представлена на рисунке 1.

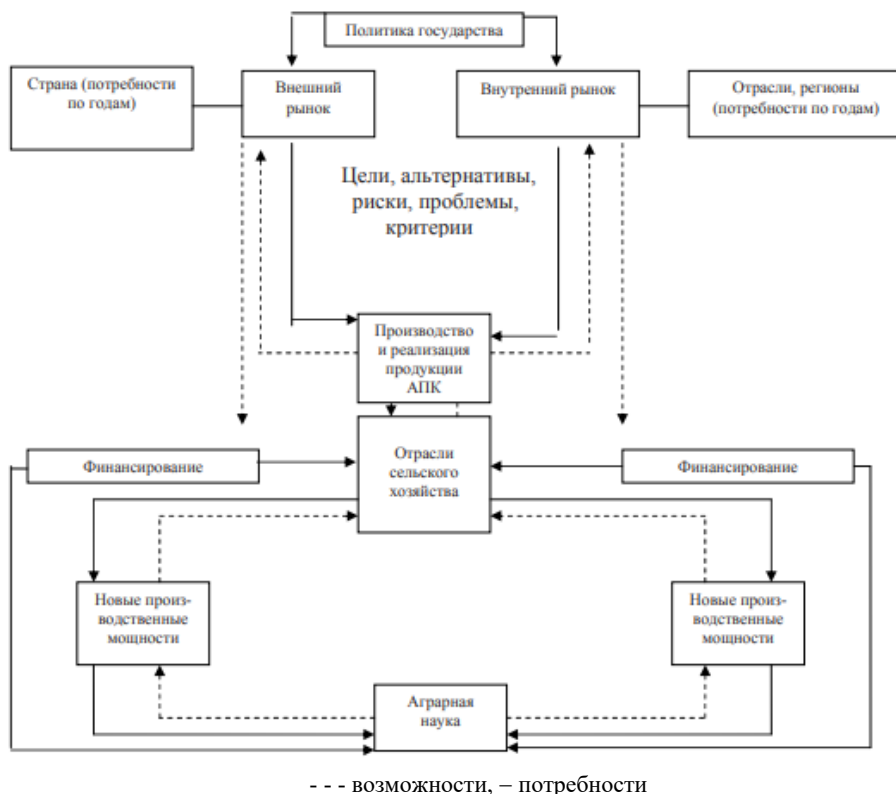


Рис. 1 – Концептуальная модель анализа и прогнозирования развития АПК в системе аграрной политики

При организации прогнозирования следует принять во внимание, что аграрная политика есть деятельность государства по обеспечению продовольственной безопасности и технологического суверенитета государства [2]. Это требует соблюдения товарно-ресурсной сбалансированности. С учетом межотраслевых отношений и алгоритмов формирования стоимости продукции АПК, можно выделить три группы важнейших для прогнозирования пропорций:

- соотношение между потребностью в аграрной продукции и ее фактическим производством (баланс ресурсов и потребления);
- пропорция ресурсного и инвестиционного комплексов (инвестиционная сбалансированность);
- соотношение между основными сферами и отраслями АПК, а также внутри производственной, организацион-

ной и социальной структур (инфраструктурная сбалансированность).

Все три типа пропорций могут рассматриваться на территориальном, отраслевом и межотраслевом уровнях.

Помимо экономических связей внутреннего рынка необходимо учитывать значительную зависимость АПК от тенденций мировой экономики и высокую чувствительность к изменениям условий внешней экономической среды.

Процесс прогнозирования результатов аграрной политики представляет собой ряд последовательных и взаимосвязанных элементов и может быть представлен в виде алгоритма (рисунок 2).

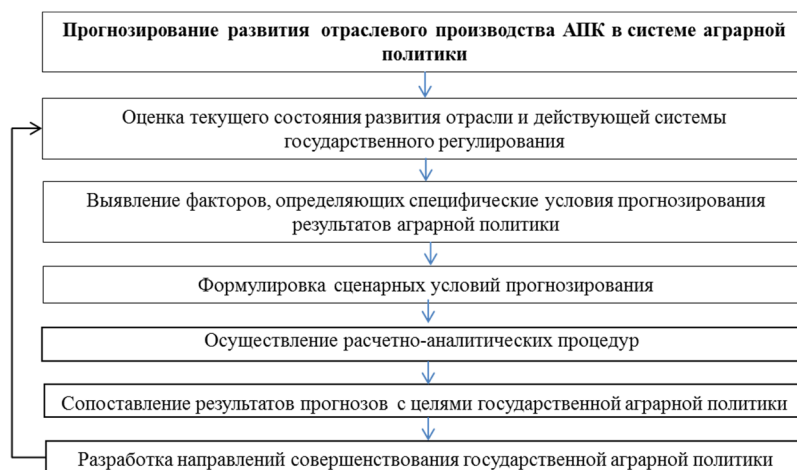


Рис. 2 – Алгоритм прогнозирования развития отраслевых производств в системе аграрной политики

Оценка текущего состояния развития отрасли и действующей системы государственного регулирования создает информационно-аналитический ресурс для прогнозирования. В современной экономической теории и практике существует значительное многообразие подходов к оценке государственного регулирования. Отличительные особенности предлагаемых теоретико-методических подходов заключаются в обосновании ценностного целеполагания участия государства в экономических процессах [1]. На наш взгляд государственная аграрная политика должна быть направлена на гарантированное обеспечение продовольственной безопасности и увеличение уровня эффективности деятельности субъектов АПК [5]. Оценка текущего состояния развития отрасли и действующей системы государственного регулирования должна охватывать сравнительный отраслевой анализ, комплексный анализ хозяйственной деятельности субъектов АПК, оценку уровня и эффективности государственного регулирования [8]. Это

требует использования системы взаимосвязанных показателей и многообразия методов обработки информации. В результате анализа необходимо выявить факторы, оказавшие влияние на текущее состояние развития отрасли и действующей системы государственного регулирования [3]. Экспертная оценка выявленных факторов влияния позволит обосновать специфические условия прогнозирования результатов аграрной политики.

На агропромышленный комплекс оказывает влияние значительное многообразие факторов, обоснованное его сложноорганизованной межотраслевой природой [7]. В настоящее время известно большое количество классификаций факторов, каждая из которых отличается степенью детализации. Систематизировав классификационные признаки, можно выделить экономические, социальные, экологические и технологические факторы, определяющие базовые предпосылки развития АПК и специфические условия прогнозирования (рисунок 3).

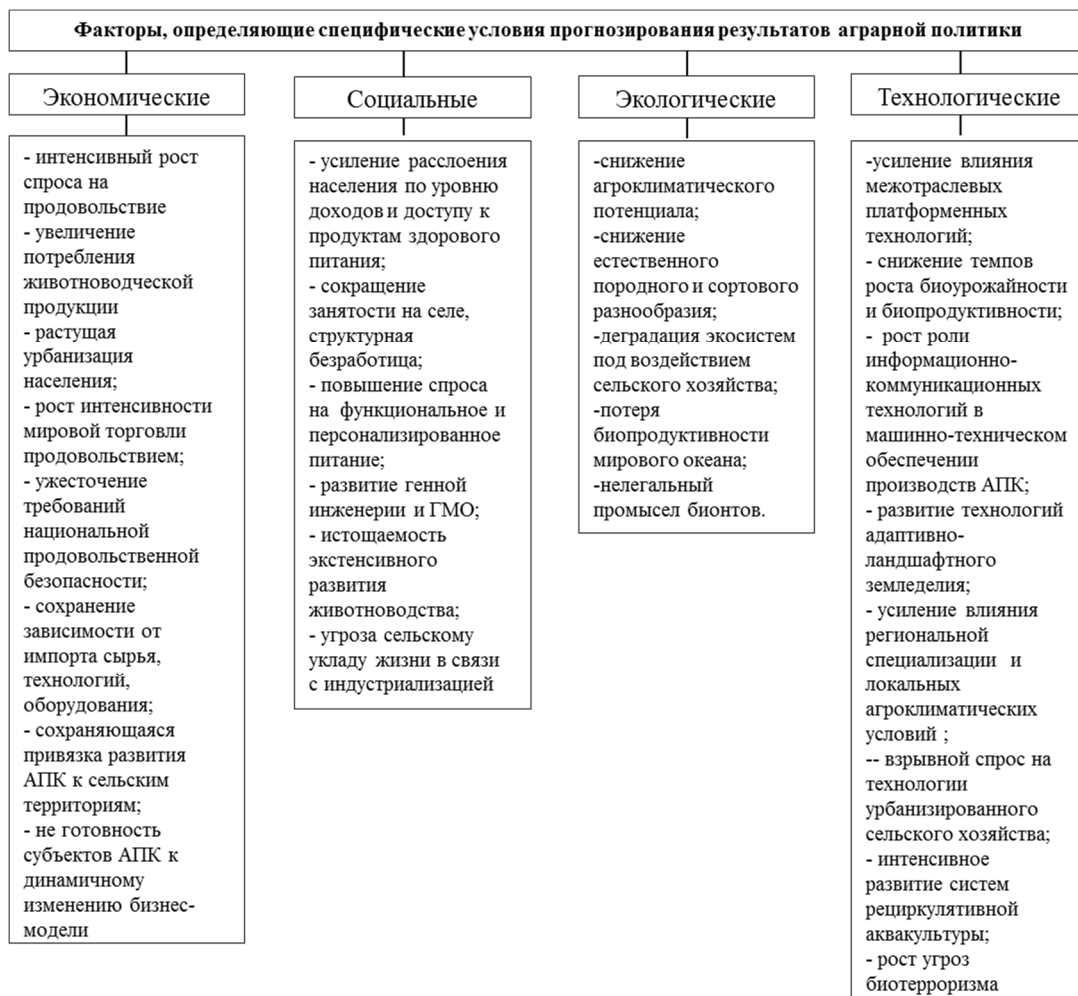


Рис. 3 – Систематизация факторов, определяющих специфические условия прогнозирования результатов аграрной политики

Сочетание экономических, социальных, экологических и технологических факторов определяет параметризацию и описание сценарных условий прогнозирования: потенциала социально-экономического развития конкретной территории, условий действующей системы государственного регулирования, уровень развития ресурсных и перерабатывающих отраслей [4].

С учетом стратегических приоритетов, целей и задач развития АПК на основе заданных базовых предпосылок (специфических условий) прогнозирования, проводится параметризация для сценарного моделирования развития АПК.

Для обеспечения достоверности и качества результатов прогнозирования все расчетно-аналитические процедуры целесообразно осуществлять с использованием инструментов экономико-математического моделирования и прогнозирования, а также прикладных программных продуктов. Для данных, обладающих достаточной инерционностью в долгосрочной перспективе, предлагается использовать методы на основе выделения долгосрочного тренда. При формировании прогнозов высокой частотности более надежными являются сезонные модели и модели временных рядов с условной гетероскедастичностью. Для анализа

потребительского рынка предлагается подход на основе панельных данных.

Результаты сценарного прогнозирования необходимо сопоставить с целями аграрной политики и действующими актами стратегического планирования [9]. Верификация данных обеспечивает высокое качество прогноза.

Экспертный анализ результатов оценки текущего состояния и сценариев развития отраслей АПК позволяет выявить направления совершенствования государственной аграрной политики.

Библиография

1. Агибалова А.Н. Реинжиниринг бизнес-процессов / А.Н. Агибалова, О.В. Петрушина // Материалы Международной студенческой научной конференции. Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. – 2016. – С. 133.
2. Жилияков Д.И. Оценка системы государственного регулирования аграрной экономики с использованием международных показателей и направления ее совершенствования / Д.И. Жилияков // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 5 (118). – С. 284-287.
3. Зарецкая В.Г. Оценка прогноза экономического роста на основе производственной функции / В.Г. Зарецкая В.Г., Л.М. Осиневич // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2014. – № 2. – С. 24-33.
4. Мешков А.В. Комплекс рекомендаций по повышению эффективности функционирования предприятий / А.В. Мешков, И.А. Бондарева, А.И. Киселева, Ю.И. Хобта, Н.В. Водолазская // Материалы научно-практической конференции, приуроченной к 50-летию инженерно-экономического факультета. Инженерная экономика и управление в современных условиях. – 2019. – С. 565-571.
5. Мусьял А.В. Особенности воспроизводства инвестиционной деятельности в сельском хозяйстве / А.В. Мусьял // Приоритеты экономического роста страны и регионов в период постпандемии : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 19–20 ноября 2020 года / Под редакцией О.Н. Пронской. – Курск : Курский государственный университет, 2020. – С. 445-448.
6. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года https://issek.hse.ru/data/2017/05/03/1171421726/Prognoz_APK_2030.pdf
7. Санду И.С. Формирование аграрной инновационной политики / И.С. Санду, Г.М. Демишкевич, Д.А. Чепик // АПК: экономика, управление. – 2015. – № 10. – С. 44-48.
8. Сидоренко О.В. Совершенствование механизма бюджетного финансирования аграрного сектора: региональный аспект / О.В. Сидоренко, И.В. Ильина // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 2 (71). – С. 79-86.
9. Терновых К.С. Государственное регулирование современных аграрных отношений / К.С. Терновых, Н.Г. Нечаев // Современная аграрная экономика: проблемы и решения. Сборник научных трудов. – Воронеж. – 2006. – С. 120-125.
10. Указ Президента РФ от 2 июля 2021 г. N 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» <https://base.garant.ru/401425792/#friends>

References

1. Agibalova A.N. Reengineering of business processes / A.N. Agibalova, O.V. Petrushina // Materials of the International Student Scientific Conference. Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin. – 2016. – P. 133.
2. Zhilyakov D.I. Evaluation of the system of state regulation of the agrarian economy using international indicators and directions of its improvement / D.I. Zhilyakov // Economics and entrepreneurship. – 2020. – № 5 (118). – Pp. 284-287.
3. Zaretskaya V.G. Estimation of the forecast of economic growth based on the production function / V.G. Zaretskaya, L.M. Osinevich // Scientific Almanac of the Central Chernozem region. – 2014. – № 2. – Pp. 24-33.
4. Meshkov A.V. A set of recommendations for improving the efficiency of the functioning of enterprises / A.V. Meshkov, I.A. Bondareva, A.I. Kiseleva, Yu.I. Hobta, N.V. Vodolazskaya // Materials of the scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Faculty of Engineering and Economics. Engineering economics and management in modern conditions. – 2019. – Pp. 565-571.
5. Musyal A.V. Features of reproduction of investment activity in agriculture / A.V. Musyal // Priorities of economic growth of the country and regions in the post-pandemic period : Collection of materials of the All-Russian Scientific and practical Conference, Kursk, November 19-20, 2020 / Edited by O.N. Pronskaya. – Kursk : Kursk State University, 2020. – Pp. 445-448.
6. Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030 https://issek.hse.ru/data/2017/05/03/1171421726/Prognoz_APK_2030.pdf
7. Sandu I.S. Formation of agrarian innovation policy / I.S. Sandu, G.M. Demishkevich, D.A. Chepik // APK: economics, management. – 2015. – № 10. – P. 44-48.
8. Sidorenko O.V. Improving the mechanism of budgetary financing of the agrarian sector: a regional aspect / O.V. Sidorenko, I.V. Ilyina // Bulletin of Agrarian Science. – 2018. – № 2 (71). – S. 79-86.
9. Ternovykh K.S. State regulation of modern agrarian relations / K.S. Ternovykh, N.G. Nechaev // Modern agrarian economy: problems and solutions. Collection of scientific papers. – Voronezh. – 2006. – S. 120-125.
10. Decree of the President of the Russian Federation of July 2, 2021 № 400 «On the National Security Strategy of the Russian Federation» <https://base.garant.ru/401425792/#friends>

Сведения об авторах

Петрушина Ольга Вячеславовна, старший преподаватель кафедры бухгалтерского учета и финансов, ФГБОУ ВО Курская ГСХА, ул. Карла Маркса, д. 70, г. Курск, Россия, 305021, тел. +7 (4712) 53-13-30, e-mail: petao@yandex.ru;

Жилияков Дмитрий Иванович, доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и финансов, ФГБОУ ВО Курская ГСХА, ул. Карла Маркса, д. 70, г. Курск, Россия, 305021, тел. +7 (4712) 53-13-30, e-mail: zhilyakov@yandex.ru.

Information about authors

Petrushina Olga Vyacheslavovna, Senior Lecturer, Department of Accounting and Finance, Kursk State Agricultural Academy, Kursk, st. Karl Marx, 70, Russia, 305021, tel. +7 (4712) 53-13-30, e-mail: petao@yandex.ru;

Zhilyakov Dmitry Ivanovich, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Accounting Sciences, Kursk State Agricultural Academy, Kursk, st. Karl Marx, 70, Russia, 305021, tel. +7 (4712) 53-13-30, e-mail: zhilyakov@yandex.ru.

КАЛЬКУЛИРОВАНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В рыночных условиях хозяйствования, когда каждая коммерческая организация заинтересована в получении прибыли, актуальной проблемой является точное, методически грамотное калькулирование себестоимости произведенной продукции.

Сущность калькулирования себестоимости определяется необходимостью получения показателей для установления нижней границы цены реализации, не позволяющей получить убыток, контроля издержек производства и принятия управленческих решений, направленных на повышение эффективности процесса производства.

В сельскохозяйственных организациях в силу сезонности производства фактическая себестоимость произведенной продукции рассчитывается по окончании года. Она оказывает влияние не только на цену продажи, но и необходима для оценки отклонения фактических показателей от плановых. Кроме того, она является основой коммерческой (полной) себестоимости проданной продукции, а, следовательно, оказывает непосредственное влияние на финансовый результат от продажи продукции.

Калькулирование себестоимости в сельскохозяйственных организациях имеет свои особенности, которые заключаются в том, что при расчете себестоимости наряду с основной продукцией должна учитываться сопряженная и побочная продукция. Однако, как показывает практика, часто побочная продукция, это касается по большей части отрасли животноводства, не учитывается, в результате чего фактическая себестоимость основной продукции завышается, а финансовый результат, в конечном счете, занижается.

Таким образом, правильное, научно обоснованное калькулирование себестоимости может способствовать повышению эффективности и уровню рентабельности производства продукции.

В статье рассматривается методика калькулирования себестоимости основных видов продукции в отраслях растениеводства и животноводства в отдельных сельскохозяйственных организациях Белгородской области. Акцентируется внимание на распределении затрат на основную и сопряженную продукцию, на оценку побочной продукции. Проведены расчеты эффективности производства продукции при соблюдении методики калькулирования.

Ключевые слова: калькуляция, себестоимость, прибыль, финансовые результаты, эффективность производства, продукция.

CALCULATING THE COST OF PRODUCTION AND ITS IMPACT ON PRODUCTION EFFICIENCY

Abstract. In the market conditions of management, when every commercial organization is interested in making a profit, an urgent problem is the accurate, methodically competent calculation of the cost of manufactured products.

The essence of cost calculation is determined by the need to obtain indicators to establish the lower limit of the selling price, which does not allow for a loss, control of production costs and management decisions aimed at improving the efficiency of the production process.

In agricultural organizations, due to the seasonality of production, the actual cost of manufactured products is calculated at the end of the year. It affects not only the sale price, but is also necessary to assess the deviation of actual indicators from the planned ones. In addition, it is the basis of the commercial (full) cost of products sold, and, therefore, has a direct impact on the financial result from the sale of products.

Cost calculation in agricultural organizations has its own peculiarities, which consist in the fact that when calculating the cost, along with the main products, the associated and by-products must be taken into account. However, as practice shows, often by-products, this applies for the most part to the livestock industry, are not taken into account, as a result of which the actual cost of the main products is overstated, and the financial result is ultimately underestimated.

Thus, correct, scientifically based cost calculation can contribute to improving the efficiency and profitability of production.

The article discusses the method of calculating the cost of the main types of products in the fields of crop production and animal husbandry in individual agricultural organizations of the Belgorod region. Attention is focused on the distribution of costs for the main and related products, on the evaluation of by-products. Calculations of the production efficiency were carried out in compliance with the calculation methodology.

Keywords: calculation, cost, profit, financial results, production efficiency, products.

Агропромышленный комплекс Белгородской области и его базовая отрасль – сельское хозяйство является одной из ведущих системообразующих сфер экономики Белгородчины, формирующей агропродовольственный рынок, экономическую безопасность региона, трудовой и поселенческий потенциал сельских территорий. В условиях санкционного давления со стороны, так называемых недружественных стран, ограниченности отдельных видов материальных ресурсов, требуется особый подход к производству сельскохозяйственной продукции, обеспеченности продовольственной безопасности региона и страны. Поэтому грамотное управление себестоимостью продукции в настоящее время – это залог стабильности и финансовой устойчивости предприятия [2].

Себестоимость продукции является одним из важнейших экономических показателей деятельности организации.

Объясняется это тем, что каждое коммерческое предприятие заинтересовано в получении максимальной прибыли с наименьшими затратами, которые, в конечном счете, формируют себестоимость произведенной продукции. Затраты на производство продукции дают возможность оценить работу организации не только с качественной, но и с количественной стороны. Себестоимость – это показатель, который характеризует использование всех имеющихся в организации ресурсов. При формировании себестоимости в нее включаются все затраты, непосредственно связанные с производством (изготовлением) продукции в оценке по фактической стоимости.

Проблематика вопросов, касающихся расчета и применения показателей себестоимости, находится как в теоретической, так и в практической плоскости. «Область применения информации о себестоимости диверсифицирована,

из чего вытекает многообразие показателей и, соответственно, методик их расчета. В частности, исчисляются такие показатели, как себестоимость единицы продукции и себестоимость определенной совокупности продуктов (себестоимость выпуска, себестоимость проданной продукции); полная и сокращенная себестоимость; фактическая, нормальная и нормативная себестоимость; себестоимость традиционных и нетрадиционных объектов калькулирования – отдельной операции или бизнес-процесса» [1].

Заслуживают особого внимания фактическая и полная (коммерческая) себестоимость. Фактическая себестоимость произведенной продукции (производственная) представляет собой совокупность фактических затрат (прямых и косвенных), израсходованных при производстве продукции.

Полная (коммерческая) себестоимость включает в себя полную производственную себестоимость и все расходы, связанные с реализацией продукции (коммерческие расходы). Последние уменьшают финансовый результат от реализации продукции.

Себестоимость продукции отражает все стороны хозяйственной деятельности предприятия, его достижения и недостатки. Решение проблем снижения себестоимости

является особенно актуальным в настоящее время, так как себестоимость существенно влияет на размер прибыли, уровень рентабельности, платежеспособности предприятия.

Одним из основных условий получения достоверной информации о себестоимости продукции является четкое определение состава и организация учета производственных затрат [9, 10].

Чтобы корректно рассчитать себестоимость продукции важно правильно произвести классификацию затрат. В учетной практике затраты классифицируются по различным признакам, основными из которых являются классификация по элементам и статьям затрат.

Классификация затрат по экономическим элементам важна не только для того, чтобы упорядочить эти затраты по экономическому содержанию с соблюдением нормативных актов для дальнейшего отражения в бухгалтерской (финансовой) отчетности, но и для того, чтобы получить данные для планирования, анализа эффективности производства продукции, принятия решений по дальнейшему развитию организации.

По элементам производственные затраты классифицируются по пяти группам (рисунок 1).

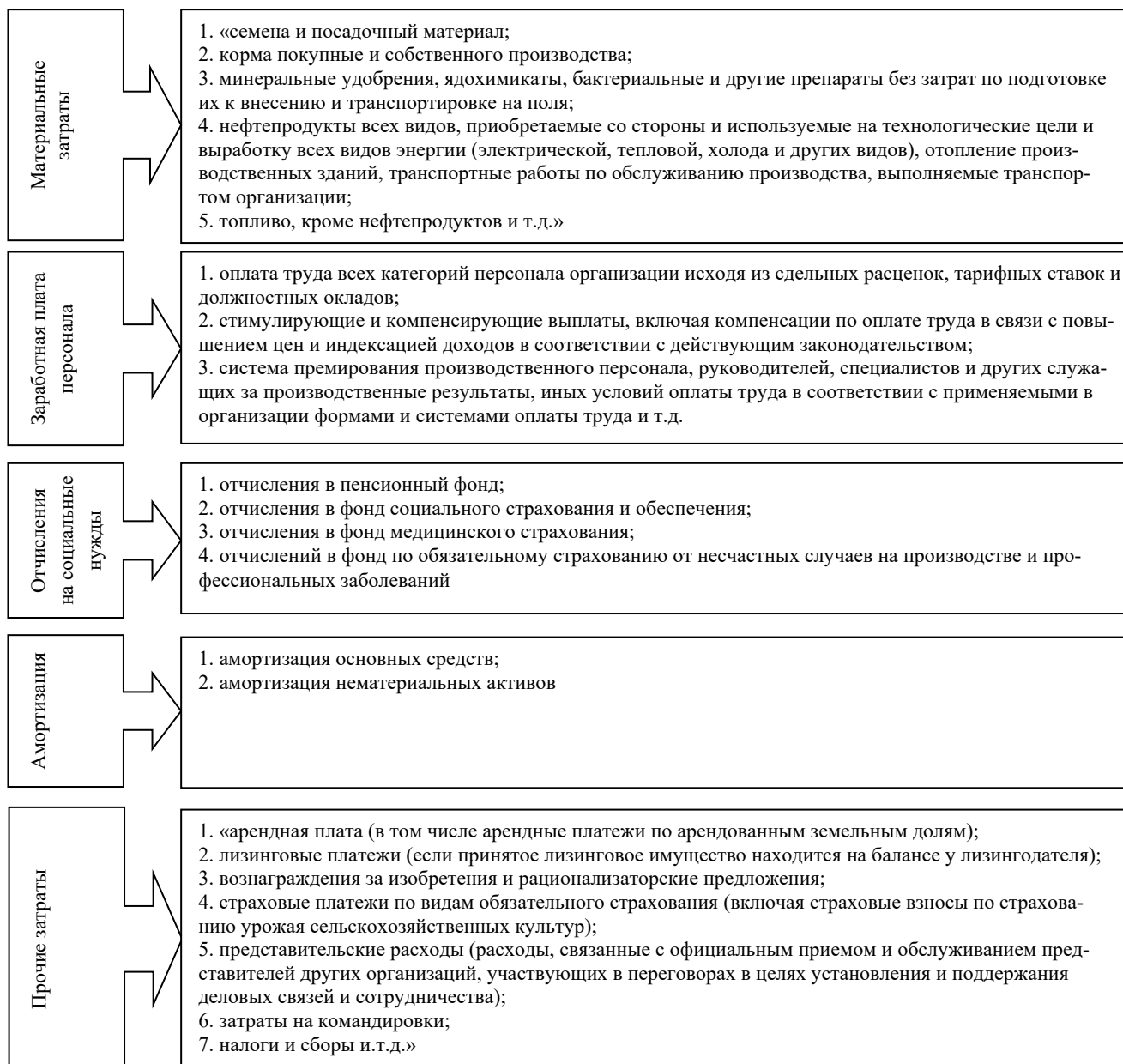


Рис. 1 – Классификация затрат на производство по экономическим элементам

Но нельзя не отметить и тот факт, что такая классификация затрат не позволяет получать сведения о затратах по статьям затрат. Именно классификация затрат по статьям позволяет получать данные необходимые для формирования себестоимости отдельных видов продукции. Причем перечень таких статей затрат организация может определять самостоятельно, что прописано в п. 8 ПБУ 10/99 «Расходы организации» [7].

«Калькуляционные статьи затрат представляют собой группировку производственных элементов затрат, которые показывают роль, назначение, взаимосвязь с объемом и другими факторами в процессе производства продукции (работ, услуг)».

Примерный перечень статей затрат представлен в «Методических рекомендациях по учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях» [3]:

1. Материальные ресурсы (семена и посадочный материал, корма, средства защиты растений и животных, удобрения и др.);

2. Оплата труда;
3. Отчисления на социальные нужды;
4. Содержание основных средств;
5. Работы и услуги вспомогательных производств;
6. Налоги, сборы и другие платежи;
7. Прочие затраты;
8. Потери от падежа животных;
9. Общепроизводственные расходы;
10. Общехозяйственные расходы.

Основой для разработки и реализации управленческих решений является соответствующая информация о состоянии дел в той или иной области деятельности организации в конкретный момент времени. Данные учета издержек производства (обращения) и калькулирования себестоимости продукции являются важным средством выявления производственных резервов, постоянного контроля за использованием материальных, трудовых и финансовых ре-

сурсов с целью повышения рентабельности производства на предприятиях различных организационных форм хозяйствования [7]. Это указывает на то, что участок учета производственных затрат и калькулирования себестоимости продукции занимает наиболее важное место в системе организации.

Казалось бы, предприятию для определения финансового результата производства конкретного вида продукции достаточно сопоставить полученный доход от ее реализации с произведенными затратами. Но отправной точкой для установления цены продажи является именно себестоимость продукции, которая позволяет определить границу безубыточности производства [1].

Целью учёта затрат и калькулирования себестоимости продукции является полное и своевременное документальное отражение фактических затрат на производство, контроль за рациональным использованием материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Поэтому вопросы учета затрат и калькулирования себестоимости продукции имеют важное значение в сфере управления деятельностью предприятием.

В Белгородской области большинство организаций занимаются производством продукции растениеводства и животноводства. Обладая 1,3% общероссийской площади пашни и 1,1% населения страны, Белгородская область производит 4,0% общероссийского объема продукции сельского хозяйства, по ЦФО этот показатель составляет около 16,0%. Белгородская область занимает третье место по производству сырого молока в ЦФО и двенадцатое место в РФ.

На примере отдельных организаций СПК «Колхоз имени Горина» Белгородского района, СПК «Большевик» Красногвардейского района и ООО «Грайворон-агроинвест» Грайворонского района, рассмотрим экономические показатели эффективности производства основных видов продукции в отчетном 2021 г., которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели эффективности производства зерна

Показатели	СПК «Колхоз имени Горина»	СПК «Большевик»	ООО «Грайворон-агроинвест»
Посевная площадь, га	8550	6763	6335
Валовой сбор, ц	480509	127181	302063
Объем реализации, ц	104052	110520	262924
Полная себестоимость реализации 1 ц, руб.	511,31	977,81	621,51
Полная себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.	53203	108068	163409
Выручка от реализации зерновых культур, тыс. руб.	139805	161786	384942
Средняя цена 1 ц зерновых культур, руб.	1343,61	1463,86	1464,08
Прибыль в расчете на 1 ц, руб.	832,3	486,05	842,57
Уровень рентабельности, %	61,94	33,2	57,55

Как показывают данные, представленные в таблице, наибольший валовой сбор зерновых культур получен в СПК «Колхоз имени Горина» 480509 ц с площади посева 8550 га, в то время как в ООО «Грайворон-агроинвест» он составил 302063 ц, площадь посева значительно меньше – 6335 га. Наименьший валовой сбор наблюдается в СПК «Большевик 127181 ц с площади посева 6763 га.

В то же время в СПК «Большевик» и ООО «Грайворон-агроинвест» сложилась в этот отчетный период средняя цена реализации 1464,08 руб. и 1463,86 руб. соответственно. С учетом того, что в СПК «Колхоз Горина» издержки производства и реализации минимальные и на 1 ц они со-

ставляют 511,31 руб. в данном предприятии получена прибыль в размере 832,3 руб. на 1 ц реализованной продукции. В ООО «Грайворон-агроинвест» на 1 ц получено 842,57 руб. Соответственно и уровень рентабельности в указанных предприятиях составил 61,94% и 57,55%. На низкий уровень прибыли и рентабельности в СПК «Большевик» повлияла в основном низкая урожайность, а, следовательно, и валовой сбор. В связи с этим уровень рентабельности составил всего 33,2%.

Эффективность производства молока в этих же предприятиях рассмотрим по данным таблицы 2.

Таблица 2 – Показатели эффективности производства молока

Показатели	СПК «Колхоз имени Горина»	СПК «Большевик»	ООО «Грайворон-агроинвест»
Среднегодовое поголовье, га	2700	1890	1230
Валовой выход, ц	221609	167519	75953
Объем реализации, ц	211064	160013	71064
Полная себестоимость реализации 1 ц, руб.	2141,69	2441,78	3274,91
Полная себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.	452033	390716	232728
Выручка от реализации, тыс. руб.	618479	511466	225183
Средняя цена 1 ц молока, руб.	2930,29	3196,40	3168,74
Прибыль (убыток) в расчете на 1 ц, руб.	788,6	754,62	-106,17
Уровень рентабельности (убыточности), %	26,91	23,61	-3,35

Как свидетельствуют данные таблицы 2, производство молока является убыточным только в ООО «Грайворон-агроинвест». Причиной тому являются высокие производственные затраты и расходы на реализацию, которые не окупаются ценой продажи. В связи с этим на предприятии получен убыток в расчете на единицу продукции в сумме 109,17 руб., уровень убыточности составил 3,35%. Следует при этом заметить, что цена реализации молока достаточно высокая.

В то же время предприятия СПК «Колхоз имени Горина» и СПК «Большевик» получили прибыль в расчете на 1 ц продукции 788,6 руб. и 754,62 руб. соответственно и уровень рентабельности составил 26,91% и 23,61%.

Обращает на себя внимание тот факт, что в сравнении с ООО «Грайворон-агроинвест» валовое производство молока в СПК «Большевик» значительно выше на 91566 ц (167519-75953), а полная себестоимость реализованной продукции ниже на 833,13 тыс. руб. (3274,91-2441,78). Это привело в первом случае к получению убытка, во втором к прибыли и рентабельности производства продукции.

В полную (коммерческую) себестоимость реализованной продукции включают производственную себестоимость и все затраты, связанные с продажей продукции. Поэтому, как отмечалось нами ранее, себестоимость произведенной продукции является основой для установления цены реализации и точки безубыточности производства. Чем ниже себестоимость и выше цена реализации, тем выше прибыль и эффективнее производство и наоборот.

В сельскохозяйственных организациях в силу сезонности производства себестоимость продукции рассчитывают по окончании отчетного года. Для расчета себестоимости продукции в настоящее время сельхозорганизации используют в основном методики расчета, представленные в «Методических рекомендациях по бухгалтерскому учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях» от 06 июня 2003 г. №792. и «Методических рекомендациях по бухгалтерскому учету затрат и выхода продукции в молочном и мясном скотоводстве, утвержденные Минсельхозом 22.10.2008 [3, 4].

Основой для расчета являются производственные затраты и полученная продукция (выход продукции) в физическом весе. Однако в сельском хозяйстве в силу биологических особенностей вырастить продукцию в поле или получить ее на ферме невозможно без так называемой побочной продукции. В растениеводстве это солома и зерноотходы (сопряженная продукция), которые получают в результате сушки и сортировки зерна. В животноводстве такой продукцией является навоз.

Побочная продукция при расчете себестоимости основной продукции требует оценки и исключения из общей суммы произведенных затрат. В соответствии с указанными методическими рекомендациями она оценивается исходя из фактических затрат на ее уборку, транспортировку, складирование и т.д. На практике часто при расчете себестоимости она не учитывается, особенно это касается отрасли жи-

вотноводства, в результате чего завышается себестоимость основной продукции, а, следовательно, занижается прибыль и снижается эффективность производства продукции.

Методика расчета себестоимости зерна в сельскохозяйственных организациях следующая. Из общей суммы затрат по выращиванию зерновых культур вычитают стоимость побочной продукции (соломы). Оставшиеся производственные затраты делят на количество полученной продукции в физическом весе после доработки с учетом зерна, полученного при пересчете зерноотходов в полноценное зерно. Пересчет производится по процентному содержанию зерна в зерноотходах, который устанавливается лабораторным путем. Чем ниже процент, тем более качественно произведена сортировка и сушка зерна и наоборот.

Например, в СПК «Колхоз имени Горина» общая сумма затрат на выращивание зерновых культур по данным годовой бухгалтерской отчетности составила 298901 тыс. руб., стоимость соломы – 26703 тыс. руб. (8,9% общей суммы затрат). Получено чистого зерна в массе после доработки 450444 ц. Зерноотходы при расчете себестоимости учтены не были. Следовательно, себестоимость 1 ц зерна составит 604,29 руб. (298901-26708)/450444 ц.

В СПК «Большевик» на выращивание зерновых израсходовали материальных, трудовых и финансовых ресурсов на сумму 138725 тыс. руб., стоимость побочной продукции составила 3783 тыс. руб. (2,7% общей суммы затрат). Получено зерна после очистки и сушки 127181 ц. Себестоимость единицы продукции составит 1061,02 руб. (138725-3783)/127181ц.

В ООО «Грайворон-агроинвест» производственные затраты по выращиванию зерновых культур и получении зерна составили 182460 тыс. руб., солома оценена на сумму 3819 тыс. руб., получено зерна после доработки в физической массе 302063 ц. Отсюда себестоимость 1 ц зерна составила 591,40 руб. (182460-3819)/302063 ц.

В молочном животноводстве рассчитывают себестоимость 1 ц молока и 1 головы приплода. Приплод при этом является сопряженной продукцией. Для расчета 1 ц молока из общей суммы затрат также вычитают стоимость побочной продукции (навоза). Далее производственные затраты распределяются на молоко и приплод в соотношении 90% на молоко и 10% на приплод. Согласно методическим рекомендациям, такое соотношение установлено исходя из обменной энергии кормов и объясняется получением основной продукции – молока. Распределенные таким образом затраты делят на количество полученного молока и голов приплода.

Рассмотрим методику расчета себестоимости молока в отрасли животноводства в анализируемых сельскохозяйственных организациях.

В молочном скотоводстве в СПК «Колхоз имени Горина» израсходовано 534666 тыс. руб., получено молока 221609 ц, приплода 2803 гол. Побочная продукция (навоз) при расчете не учитывалась. Из общей суммы затрат на молоко в СПК «Колхоз имени Горина» было распределено 88,94%, что в суммовом выражении составило 474642 тыс.

руб., оставшиеся затраты были отнесены на полученный приплод 60024 тыс. руб. (534666-474642). Исходя из полученных данных себестоимость 1 ц молока составила 2141,80 руб. (474642/221609), себестоимость 1 гол. приплода соответственно 21414,20 руб. (60024/2803).

СПК «Большевик» затратило на производство молока в отчетном году 406456 тыс. руб., что составляет 89,25% от общей суммы затрат, получено 167519 ц молока и 2321 гол. приплода. Себестоимость 1 ц молока составила 2426,33 (406456/167519), себестоимость 1 головы приплода 21086,60 руб. (455398-406456)/2321 гол.

В ООО «Грайворон-агроинвест» общая сумма затрат на производство молока составила 219963 тыс. руб. (97,55% от суммы затрат в молочном животноводстве), выход продукции составил 75953 ц молока, получено приплода 1117 гол. Получена себестоимость 1 ц молока в сумме 2896,04 руб. (219963/75953), приплода 4945,39 руб. (225487-219963)/1117.

Информация о производственных затратах и себестоимости основных видов продукции по предприятиям представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет фактической себестоимости продукции в сельхозорганизациях Белгородской области

Виды продукции	Общая сумма затрат, тыс. руб.	Выход продукции, ц	Стоимость побочной продукции, тыс. руб.	Себестоимость единицы продукции, руб.
СПК «Колхоз имени Горина»				
зерно	298901	450444	26703	604,29
молоко	474642	221609	-	2141,80
СПК «Большевик»				
зерно	138725	127181	3783	1061,02
молоко	406456	167519	-	2426,33
ООО «Грайворон-агроинвест»				
зерно	182460	302063	3819	591,40
молоко	219963	75953	-	2896,04

Как показывают расчеты, ни в одном предприятии при расчете себестоимости не учитывалась побочная продукция (навоз), хотя это ценное органическое удобрение, что, соответственно приводит к завышению себестоимости как основной (молока), так и сопряженной (приплода) продукции.

Кроме того, распределение затрат на основную и побочную продукцию производилось во всех организациях в процентном соотношении, которое устанавливалось само-

стоятельно. Близко к рекомендуемой методике в СПК «Большевик» (89,25%) и СПК «Колхоз имени Горина» (88,94%). В ООО «Грайворон-агроинвест» наибольшая сумма затрат отнесена на молоко (97,55%), в результате чего получена высокая себестоимость молока в сравнении с другими анализируемыми предприятиями.

Более наглядно себестоимости зерна и молока по предприятиям показана на рисунке 2.

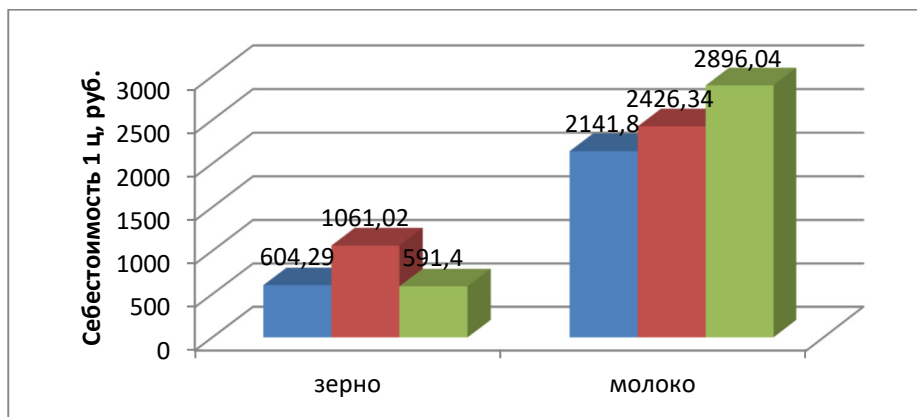


Рис. 2 – Сравнительный анализ себестоимости основных видов продукции в сельскохозяйственных организациях Белгородской области

В результате исследования нами установлено, что при калькулировании себестоимости зерна в расчетах не учитывались зерноотходы, а при калькулировании себестоимости молока – побочная продукция (навоз), что привело к завышению стоимости основной продукции, а, в дальнейшем занижению прибыли. Зерноотходы имеют довольно высокую пищевую ценность и поэтому они используются на корм животным, навоз является полезным органическим удобрением. Произведем перерасчет себестоимости продукции с учетом названных факторов.

При обработке и переработке зерна разных зерновых, зернобобовых и семян масличных культур на хлебоприемных предприятиях разных форм собственности получают основные, побочные продукты и отходы, которые должны соответствовать действующей нормативной и технической документации. В соответствии с «Методическими рекомендациями по бухгалтерскому и налоговому учету матери-

ально-производственных запасов в хлебоприемных и зерноперерабатывающих организациях» представлена классификация основных, побочных продуктов и отходов хлебоприемных и зерноперерабатывающих организаций, в соответствии с которой кормовой продукт (зерноотходы) первой категории должен содержать не более 20% к основному зерну, второй категории не более 15%, третьей 10%, четвертой 5% и пятой категории не более 2% зерна [5].

Предположим, что в ООО «Грайворон-агроинвест» при сортировке и сушке продукции получены зерноотходы в количестве 60413ц и они были отнесены к третьей категории с содержанием зерна 10%. Методика расчета себестоимости единицы продукции предполагает перевод зерноотходов в чистое зерно. Таким образом, с учетом зерноотходов на предприятии было бы получено 308104,3 ц чистого зерна 302063+(60413*10%/100%). Следовательно, себесто-

имость 1 ц зерна с учетом зерна в зерноотходах составит 579,81 руб. (182460-3819)/308104,3 ц.

Цена продажи 1 ц зерна на данном предприятии в 2021 г. составила 1464,08 руб., с учетом себестоимости, рассчитанной в соответствии с рекомендуемой методикой. Полная себестоимость реализованной продукции составит 609,92 руб. вместо 621,51 руб. сложившейся фактически. В результате прибыль на 1 ц реализованной продукции – 854,16 руб. (1464,08-609,92), всей продукции 224579 тыс. руб., что выше, чем фактически получено на 3047,13 тыс. руб. Уровень рентабельности производства при этом составил 58,34%, что на 0,79% выше сложившегося в организации.

В отрасли животноводства при калькулировании себестоимости продукции во всех организациях не учитывалась побочная продукция (навоз), что привело к завышению основной продукции. Кроме того, в отдельных организациях при расчете себестоимости на основную продукцию (молоко) было отнесено почти 98% затрат из рекомендованных 90%, что также привело к росту себестоимости молока. Конечно, предприятие может самостоятельно определять процентное соотношение исходя из преследуемых собственных целей, но значительно завышая при этом себестоимость основной продукции и ее рентабельность.

Произведем перерасчет себестоимости молока с учетом рекомендуемой методики.

Методическими рекомендациями по бухгалтерскому учету затрат и выхода продукции в молочном и мясном скотоводстве, утвержденными Минсельхозом 22.10.2008, предусмотрены два варианта оценки побочной продукции в молочном скотоводстве:

1) по цене приобретения минеральных удобрений с учетом содержания в навозе действующего вещества минеральных удобрений – таких как азот, фосфор, калий;

2) исходя из нормативных затрат на уборку навоза в конкретных условиях и стоимости подстилки.

При этом нормативные затраты определяются из затрат по выемке навоза из навозонакопителей, хранению по технологическим картам и суммы амортизационных отчислений по основным средствам, которые компания использует для удаления навоза из навозохранилища (п. 122 Методических рекомендаций по бухгалтерскому учету затрат и выхода продукции в молочном и мясном скотоводстве) [4].

Организация может выбрать один из двух альтернативных вариантов исходя из критерия удобства и простоты применения, и закрепить выбранный вариант в учетной политике. Жидкий навоз учитывают в зависимости от его влажности в пересчете на подстилочный навоз по установленным коэффициентам (приказ Минсельхоза от 13.06.2001 № 654).

Предположим, что в ООО «Грайворон-агроинвест» стоимость навоза составила 18333 тыс. руб. Следовательно общая сумма затрат без стоимости навоза составит 207154 тыс. руб. (225487-18333). При распределении затрат (90% на молоко и 10% на приплод) получим себестоимость 1 ц молока в сумме 2454,66 руб. (207154*90%/100%)/75953 ц, что ниже, чем рассчитана на предприятии на 441,38 руб.

Полная коммерческая себестоимость реализованной продукции составит 2833,53 руб., при сложившейся цене продажи 3168,74 руб. предприятие могло бы получить прибыль на 1 ц продукции в сумме 335,21 руб., на весь объем проданной продукции 23821,36 тыс. руб. (71064*335,21). Уровень рентабельности в молочном скотоводстве составил бы 10,58% вместо убыточности 3,35%.

Таблица 4 – Сравнительный анализ себестоимости основных видов продукции в ООО «Грайворон-агроинвест»

Виды продукции	Себестоимость 1 ц продукции, руб.			Уровень рентабельности, %		
	на предприятии	расчетная	отклонение	на предприятии	расчетный	отклонение
зерно	591,40	579,81	11,59	57,5	58,3	0,8
молоко	2896,04	2454,66	441,38	-3,35	10,58	13,93

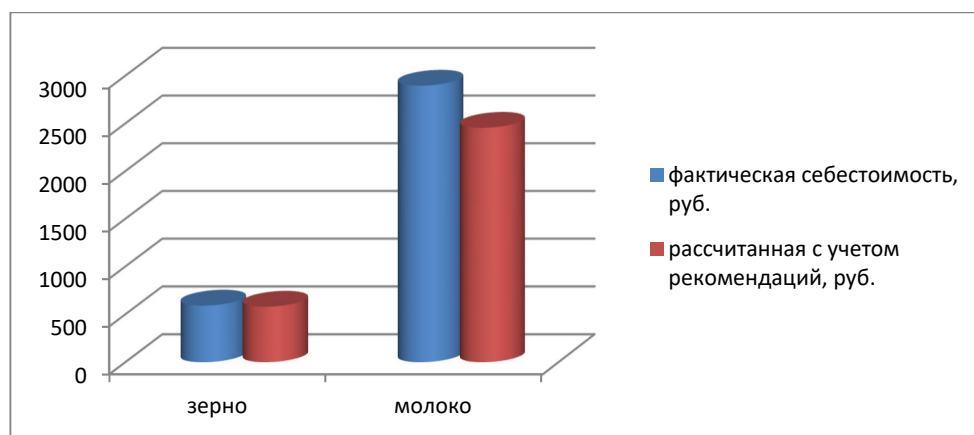


Рис. 3 – Динамика изменения себестоимости продукции с учетом рекомендаций в ООО «Грайворон-агроинвест»

Таким образом, методика калькулирования себестоимости продукции при расчете показателей эффективности производства может оказать положительное влияние на финансовые результаты, полученные при продаже произведенной продукции. Как показывают проведенные нами расчеты, применяя рекомендованную методику можно увеличить прибыль и повысить уровень рентабельности производства продукции.

Однако следует помнить, что никакие методы калькулирования не могут решить многие экономические проблемы, которые наблюдаются в отрасли животноводства, в том числе и в молочном скотоводстве. Это такие, как отсутствие племенной работы, высокая яловость коров, точный учет выхода продукции, кормовая база и многие другие.

Библиография

1. Божченко Ж.А., Голованева Е.А. Особенности калькуляционного процесса в условиях применения системы «директ-костинг» // Экономика и предпринимательство. 2019. № 5 (106). С. 982-984.

2. Здоровец Ю.И. Современные подходы к управлению затратами агропромышленного предприятия. В сборнике: Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и IT-технологий. Материалы XVIII Международной научно-производственной конференции. 2014. С. 255.

3. Методические рекомендации по учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях // Приказ Минсельхоза РФ от 06.06.2003 г. №792 // <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId>

4. Методические рекомендации по бухгалтерскому учету затрат и выхода продукции в молочном и мясном скотоводстве, утвержденные Минсельхозом 22.10.2008 // <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-bukhgalterskomu-uchetu-zatrat-i-vykhoda-produktsii/?ysclid=17ys2ms6a545833767>

5. Методические рекомендации по бухгалтерскому и налоговому учету материально-производственных запасов в хлебоприемных и зерноперерабатывающих организациях // Приказ Минсельхоза РФ от 06.06.2003 г. №5 // <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minselkhoza-rf-ot-20012005-n-5/?ysclid=1838ewb6qn583274306>

6. Наседкина Т.И., Решетняк Л.А., Здоровец Ю.И. К(Ф)Х: Проблемы учета и налогообложения / Белгород, 2014.

7. Об утверждении положения по бухгалтерскому учету «Расходы организации» (ПБУ 10/99): приказ Минфина РФ от 6 мая 1999 г. №33н / <https://base.garant.ru/12115838/?ysclid=18d5show27w842414463>

8. Решетняк Л.А., Груздова Л.Н. Повышение информативности бухгалтерской отчетности сельхозорганизаций. Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 10 (57). С. 962-968.

9. Шульга Н.Н., Структова В.А. Сравнение подходов к формированию себестоимости по элементам затрат в отечественной и зарубежной практике. В сборнике: Роль студенческой науки в развитии экономики и кооперации. Материалы международной студенческой научной конференции. Белгородский университет кооперации, экономики и права. 2013. С. 302-309.

10. Шелякина С.В., Демешева И.А. Себестоимость продукции растениеводства в сельскохозяйственном предприятии. В сборнике: Современные проблемы экономики АПК и их решение. Материалы III Национальной конференции. 2020. С. 289-291.

References

1. Bozhchenko Zh.A., Golovaneva E.A. Features of the calculation process in the conditions of using the direct-costing system / Economics and entrepreneurship. 2019. № 5 (106). Pp. 982-984.

2. Zdorovets Yu.I. Modern approaches to cost management of an agro-industrial enterprise. In the collection: Problems and prospects of innovative development of agroengineering, energy efficiency and IT technologies. Materials of the XVIII International Scientific and Industrial Conference. 2014. P. 255.

3. Methodological recommendations on accounting for production costs and calculating the cost of products (works, services) in agricultural organizations / Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 792 dated 06.06.2003 // <https://normativ.kontur.ru/document?ModuleId=1&documentId>

4. Methodological recommendations on accounting of costs and output of products in dairy and beef cattle breeding, approved by the Ministry of Agriculture on 22.10.2008 // <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-bukhgalterskomu-uchetu-zatrat-i-vykhoda-produktsii/?ysclid=17ys2ms6a545833767>

5. Methodological recommendations on accounting and tax accounting of material and production stocks in grain-receiving and grain-processing organizations/ Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 5 dated 06.06.2003 // <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minselkhoza-rf-ot-20012005-n-5/?ysclid=1838ewb6qn583274306>

6. Nasedkina T.I., Reshetnyak L.A., Zdorovets Yu.I. K(F)X: Problems of accounting and taxation / Belgorod, 2014.

7. On approval of the regulations on accounting accounting "Expenses of the organization" (PBU 10/99): Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation № 33n dated May 6, 1999 / <https://base.garant.ru/12115838/?ysclid=18d5show27w842414463>

8. Reshetnyak L.A., Gruzдова L.N. Increasing the information content of accounting statements of agricultural organizations. Competitiveness in the global world: economics, science, technology. 2017. № 10 (57). Pp. 962-968.

9. Shulga N.N., Structova V.A., Comparison of approaches to cost formation by cost elements in domestic and foreign practice. In the collection: The role of student science in the development of economics and cooperation. Materials of the international student scientific conference. Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. 2013. Pp. 302-309.

10. Shelyakina S.V., Demesheva I.A. The cost of crop production in an agricultural enterprise. In the collection: Modern problems of the agro-industrial complex economy and their solution. Materialsofthe III NationalConference. 2020. Pp. 289-291.

Сведения об авторах

Решетняк Любовь Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. 74722 39-22-04;

Шульга Наталья Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. 74722 39-22-04.

Information about authors

Reshetnyak Lyubov Alekseevna, candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of Economics, Belgorod state university, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 74722 39-22-04;

Natalia Nikolaevna Shulga, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. 74722 39-22-04.

УДК 330.322:63(470.324)

К.С. Терновых, Е.В. Авдеев, А.А. Козлов

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ИНВЕСТИЦИЯХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕГИОНА

Аннотация. Целью исследования заключается в прогнозной оценке потребности в инвестициях в агропромышленном производстве Воронежской области. В соответствии с поставленной целью авторским коллективом разработана оптимизационная экономико-математическая модель рационального сочетания отраслей с блочно-диагональной структурой, в которой в качестве блоков представлены сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства, хозяйства населения. В результате решения получены три сценария прогноза: пессимистический – предполагающий развитие отраслей АПК, соответствующее параметрам функционирования 2010 г., как наиболее экстремального в части урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных; консервативный сценарий предусматривающий развития сельского хозяйства региона на уровне, соответствующему целевым ориентирам, отраженным в Стратегии развития Воронежской области на период до 2035 г.; оптимистический сценарий характеризуется устойчиво эффективной траекторией развития. В рамках исследования установлено, что достижение проектных параметров развития отраслей позволит обеспечить эффективное функционирование агропродовольственного комплекса, повышение прибыльности хозяйствующих субъектов, достаточной для ведения расширенного воспроизводства. Кроме того, применение блочной экономико-математической модели позволило в многовариантной постановке определить объемы инвестиционных ресурсов, необходимых для реализации спрогнозированных вариантов развития отраслей сельского хозяйства. Проведенная прогнозная оценка прогнозных параметров объемов необходимых инвестиций в основной капитал дифференцированных по источникам инвестиций в достаточной мере обосновывает необходимость их увеличения на 27,9% при реализации консервативного сценарного прогноза и на 53,6% – оптимистического. Определено, что достижение целевых индикаторов развития отраслей агропромышленного комплекса Воронежской области в рамках консервативного сценария не повлекут увеличения бюджетной нагрузки, а реализация оптимистического сценария потребует дополнительное бюджетное финансирование в объеме не менее 22,0% от фактического уровня 2020 г.

Ключевые слова: прогнозирование, инвестиции, экономико-математическая модель, сценарии развития, прогнозные параметры.

FORECASTING REGIONAL AGRICULTURAL INVESTMENT NEEDS

Abstract. The purpose of the study is to predict the need for investment in the agro-industrial production of the Voronezh region. In accordance with the goal set, the team of authors developed an optimization economic and mathematical model for the rational combination of industries with a block-diagonal structure, in which agricultural organizations, peasant (farmer) households, and household households are represented as blocks. As a result of the decision, three forecast scenarios were obtained: pessimistic - involving the development of agro-industrial complex, corresponding to the functioning parameters of 2010, as the most extreme in terms of crop yields and animal productivity; a conservative scenario providing for the development of agriculture in the region at a level corresponding to the targets reflected in the Development Strategy of the Voronezh Region for the period up to 2035; the optimistic scenario is characterized by a sustainable and efficient development trajectory. As part of the study, it was found that the achievement of the design parameters for the development of industries will ensure the effective functioning of the agro-food complex, increasing the profitability of economic entities, sufficient to conduct expanded reproduction. In addition, the use of a block economic-mathematical model made it possible, in a multivariate setting, to determine the volume of investment resources needed to implement the predicted options for the development of agricultural sectors. The predictive assessment of the predictive parameters of the volume of required investments in fixed assets differentiated by investment sources sufficiently justifies the need for their increase by 27.9% in the implementation of a conservative scenario forecast and by 53.6% – optimistic. It has been determined that the achievement of target indicators for the development of the sectors of the agro-industrial complex of the Voronezh region under the conservative scenario will not entail an increase in the budget burden, and the implementation of the optimistic scenario will require additional budget financing in the amount of at least 22.0% of the actual level of 2020.

Keywords: forecasting, investment, economic and mathematical model, development scenarios, forecast parameters.

Масштабы и эффективность функционирования товаропроизводителей агропромышленного комплекса наряду с рядом других факторов, во многом зависят от инвестиционного климата и правильной организации инвестиционной деятельности. При говоря о инвестиционном климате следует понимать не совокупность организационных, социально-экономических, политико-правовых и культурных предпосылок, которые вкпе определяют экономическую целесообразность и возможность инвестиционной деятельности [5]. Также следует обязательно учитывать перспективы развития конкретной анализируемой отрасли в долгосрочном горизонте планирования. В связи с этим, как никогда ранее становится актуальным прогнозирование уровня развития отраслей агропромышленного производства на долгосрочную перспективу и обоснование прогнозной величины потребности в инвестициях.

Объектом исследования выступает отрасль сельского хозяйства Воронежской области. Информационную базу исследования составляют материалы регионального отделения Федеральной службы государственной статистики, данные годовой отчетности предприятий агропромышлен-

ного комплекса региона, нормативно-правовая литература по теме исследования.

Методической основой исследования являются экономико-математический, экономико-статистический и другие общенаучные методы исследований.

В процессе исследования была разработана оптимизационная экономико-математическая модель рационального сочетания отраслей агропромышленного комплекса региона с блочно-диагональной структурой. Особенностью представленной модели является то, что категории сельхозтоваропроизводителей региона (СХО, К(Ф)Х, ХН) представлены в виде блоков модели, а в связующем блоке отражена взаимосвязь между структурными блоками формализованной модели.

Формализация зависимостей проводилась по единой методике с применением экономико-математического инструментария путем описания системы уравнений и неравенств по блокам. Данная методика разработана и апробирована на кафедре информационного обеспечения моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежского государственного аграрного университета им. императора

Петра I», с учетом специфики развития сельского хозяйства Воронежской области на долгосрочную перспективу.

Сбор информации для построения ЭММ проводился дифференцировано по категориям хозяйств с учетом фактически полученных данных и трех предусмотренных сценарных прогнозов до 2035 г.: пессимистического, консервативного и оптимистического.

Первый из прогнозных сценариев – пессимистический – предполагает развитие агропромышленного производства Воронежской области в неблагоприятных условиях прогнозных параметров 2010 г., как наиболее экстремального в части урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур и продуктивности животных.

Консервативный сценарий предусматривает уровень развития отрасли сельского хозяйства области, определенный в основополагающем региональном нормативно-правовом акте, регламентирующем развитие отрасли [2], в соответствии с которым предполагается умеренный рост объемов производства сельскохозяйственной продукции в регионе на 122,8% к уровню 2016 г.

Оптимистический сценарий характеризуется траекторией развития, основанной на выявленных фактических трендах развития АПК Воронежской области в разрезе категорий хозяйств и основных отраслей.

Следует отметить, что в рамках оптимистического сценария оценка будущего построения агропромышленного комплекса региона проводилась путем прогнозирования абсолютной величины ключевых показателей развития отраслей растениеводства и животноводства с применением метода экстраполяции как методической основы научного познания и предвидения. По мнению ряда современных экономистов-исследователей, именно экстраполяцию следует рассматривать как наиболее универсальный метод прогнозирования развития экономических систем и процессов [4, 10], который в полной мере позволяет получить статистически достоверное описание тренда анализируемых рядов динамики [1, 3, 8].

В процессе разработки сценарных прогнозов развития отрасли с использованием метода экстраполяции следует учитывать ряд допущений, в значительной степени определяющих величину и достоверность параметров прогнозной модели, а также в целом логику проведения исследования:

- выявленные ключевые факторы и тенденции в полной мере сохраняют свое проявление в прогнозирую;
- исследуемое явление в прогнозируемом периоде

развивается по предполагаемой траектории, которую можно формализовать с применением экономико-математических методов [6].

Уровень достоверности рассчитанной величины прогнозного значения параметра подтверждается соотношением значений показателя «уровень достоверности аппроксимации» (R^2) со шкалой Чеддока, которая позволяет оценить количественную меру тесноты связи и качественную характеристику силы связи [7].

Сбор исходной информации, необходимой для построения оптимизационной экономико-математической модели сочетания отраслей в сельском хозяйстве Воронежской области, предполагающей блочно-диагональную структуру, проводился с учетом фактической доступной информации за период с 2000-2020 гг. в разрезе категорий сельскохозяйственных товаропроизводителей по итогам ведения производственно-хозяйственной деятельности.

Разработка прогнозного состояния экономической системы проводилась в следующей последовательности:

1. Формирование перечня переменных и ограничений в разрезе категорий хозяйств (по блокам).

2. Выявление и оценка природно-биологических и агротехнических особенностей агропромышленного производства, характерных для природно-климатической зоны Воронежской области, и формирование системы ограничений, обусловленных выявленными особенностями.

3. Экстраполяционное прогнозирование значений показателей, требуемых для проведения расчетов, базирующееся на фактических результатах производственно-хозяйственной деятельности по отраслям с учетом зональных рекомендаций за период 2000-2020 гг. в разрезе категорий хозяйств [9]. Расширение диапазона ретроспективного анализа представляется целесообразным ввиду того, что в более ранний период (1990-1999 гг.) производственно-хозяйственная деятельность товаропроизводителей агропромышленного комплекса осуществлялась в условиях кризисных явлений, обусловленных переходом от плановой экономики к рыночной, что может стать причиной искажения полученных прогнозных параметров.

Так, при обосновании прогнозного параметра урожайности сельскохозяйственных культур, товаропроизводителей Воронежской области по оптимистическому сценарию были использованы фактические данные о достигнутом в сельскохозяйственных организациях уровне урожайности за период 2000-2020 гг. (табл. 1).

Таблица 1 – Тенденции урожайности в сельскохозяйственных организациях Воронежской области в 2011-2020 гг. при оптимистическом прогнозном сценарии

Культуры	Описание закономерности
Зерновые и зернобобовые культуры	
Озимая пшеница	$y = 0,9826x + 21,221$
Озимый ячмень	$y = 9,8225x^{0,3815}$
Озимая рожь	$y = 0,6756x + 16,528$
Озимая и яровая тритикале	$y = 0,8753x + 17,45$
Яровая пшеница	$y = 0,7847x + 16,926$
Яровой ячмень	$y = 0,6565x + 19,261$
Овес	$y = 16,668e^{0,0202x}$
Кукуруза на зерно	$y = 19,439x^{0,2807}$
Просо	$y = 0,3312x + 11,256$
Гречиха	$y = 0,1746x + 8,0596$
Горох	$y = 0,5689x + 14,249$
Масличные культуры	
Соя	$y = 0,4777x + 7,5228$
Подсолнечник	$y = -0,0124x^2 + 1,1806x + 9,9281$
Овощи, корнеплоды и клубнеплоды	
Овощи	$y = 94,251\ln(x) + 133,36$
Сахарная свекла	$y = 10,3x + 255,39$
Картофель	$y = 8,9231x + 105,21$

Источник: рассчитано авторами.

С учетом предусмотренной экономико-математической моделью системой ограничений, прогнозные значения ожидаемой урожайности анализируемых сельскохозяйственных культур по различным сценарным прогнозам в разрезе категорий товаропроизводителей представлены в таблице 2.

Оценка будущего уровня эффективности функционирования отрасли животноводства, объем материально-денежных затрат, а также объем реализации продукции проводилась на основе фактических данных, сложившихся в соответствующих отраслях за период 2000-2020 гг. с применением метода экстраполяции.

Использование многовариантной постановки на основе полученных прогнозных параметров развития отрасли позволяет спрогнозировать динамику развития основных отраслей агропромышленного производства в Воронежской области на долгосрочную перспективу. В частности, результаты решения представленной экономико-математической модели в многовариантной постановке позволяют утверждать, что предлагаемые структурные изменения в отношении в отраслей АПК создадут условия для повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности. Так, по прогнозной оценке, уровень рентабельности агропромышленного производства в исследуемом регионе по оптимистическому сценарию прогноза составит 58,9%, согласно консервативному сценарию – 45,8% и в случае реализации пессимистического сценария – 12,4% (табл. 3).

С точки зрения формирования эффективной инвестиционной политики и благоприятного инвестиционного

климата в агропромышленном комплексе региона, ключевой целью обоснования будущей величины параметров развития отрасли видится анализ перспективных направлений развития отраслей АПК. С учетом проведенного исследования на основании полученного решения экономико-математической модели можно сделать ряд существенных выводов.

1. В исследуемом периоде можно наблюдать значительный рост уровня рентабельности по двум из трех сценарным прогнозам. Именно эти сценарные прогнозы в первую очередь следует рассматривать как обеспечивающие расширенное воспроизводство экономической системы: оптимистический прогноз, где уровень рентабельности к концу периода прогнозирования составит 58,9% и консервативный, где аналогичный показатель достигнет значения 45,8%. Вместе с тем, в исследуемой отрасли сохраняется определенная вероятность риска. В частности, согласно пессимистическому сценарному прогнозу развития АПК Воронежской области, уровень рентабельности производственно-хозяйственной деятельности товаропроизводителей составит 12,4%, что существенно ниже фактического уровня рентабельности в области.

2. Эффективное развитие отрасли животноводства должно осуществляться в неразрывной связи с отраслью растениеводства, при условиях их взаимной согласованности и взаимодополнения. Это нашло свое отражение при разработке прогнозных сценариев, одним из условий которых является необходимость обеспечить рост производства продукции до значений не ниже, предусмотренных проектом.

Таблица 2 – Прогнозный уровень урожайности основных товарных культур Воронежской области по категориям хозяйств и по сценариям развития, ц/га

Культуры	Пессимистический сценарий			Консервативный сценарий			Оптимистический сценарий		
	СХО	К(Ф)Х	Хозяйства населения	СХО	К(Ф)Х	Хозяйства населения	СХО	К(Ф)Х	Хозяйства населения
Зерновые и зернобобовые культуры									
Озимая пшеница	15,7	13,8	15,0	46,8	43,6	44,8	53,6	49,9	37,5
Озимый ячмень	9,0	8,6	-	33,9	31,9	-	37,3	47,8	-
Озимая рожь	14,1	12,4	14,3	29,6	28,2	31,6	38,8	27,8	30,7
Озимая тритикале	7,6	8,7	-	33,5	35,1	-	41,1	31,1	-
Яровая пшеница	13,1	10,3	14,2	37,9	31,7	43,6	42,8	40,2	37,3
Яровой ячмень	14,4	12,8	11,5	33,4	31,7	45,4	40,9	36,8	36
Яровая тритикале	7,4	8,2	-	39,9	41,9	-	47,8	34,6	-
Овес	9,7	8,0	10,6	34,1	28,7	35	32,5	29,3	37,2
Кукуруза на зерно	10,7	9,2	15,2	63,7	51,9	64,2	51,9	61,9	48,7
Просо	9,7	6,3	5,9	22,2	23,6	13	22,2	23,8	14,2
Гречиха	2,4	3,6	4,6	14,4	13,4	10,4	13,8	13	9,5
Горох	12,4	11,3	10,2	28,9	24,4	22,1	30,7	25,3	24,8
Масличные культуры									
Соя	4,0	6,5		19,6	17,7	-	23,3	22,3	
Подсолнечник	12,2	8,6	12,9	31,7	28,7	34,3	35,4	31,8	30,1
Овощи, корнеплоды и клубнеплоды									
Овощи	145,1	115,5	95,5	448,8	362,9	268,8	450,7	496,4	244,6
Сахарная свекла	179,2	196,7	125,0	584,3	687,6	472,8	595,3	543,3	475,3
Картофель	85,4	66,0	68,2	354,8	135,7	221	399,7	200,8	231,4

Источник: рассчитано авторами.

Таблица 3 – Прогнозные параметры развития сельского хозяйства Воронежской области по сценариям прогноза

Показатели	Фактическое значение	Сценарии развития		
		Пессимистический	Консервативный	Оптимистический
Площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га	3509,3	3509,3	3509,3	3509,3
Площадь пашни, тыс. га	3108,0	3108,0	3108,0	3108,0
Структура посевных площадей, %				
Зерновые и зернобобовые культуры	51,0	51,8	59,0	59,0
Технические культуры	23,5	29,6	15,8	13,8
Картофель и овощи	2,4	2,0	2,0	2,0
Кормовые культуры	9,4	11,3	17,2	19,2
Поголовье сельскохозяйственных животных и птицы, тыс. гол.				
Крупный рогатый скот	514,9	392,5	597,6	597,9
в т.ч. коровы	183,4	163,6	186,0	197,7
Свиньи	1536,7	488,3	1632,6	2410,0
Овцы	165,9	366,6	271,7	324,2
Птица	11419,1	13909,9	15015,4	14511,9
в т.ч. куры несушки	2661,2	2400,7	4433,2	3754,4
Показатели эффективности производственно-хозяйственной деятельности				
Прибыль – всего, млн руб.	77664,0	27942,2	153039	213073
Материально-денежные затраты, млн руб.	310477,1	226027,7	334397	361592
Стоимость товарной продукции, млн руб.	388141,0	253969,8	487436	574665
Уровень рентабельности, %	25,0	12,4	45,8	58,9

Развитие отраслей агропромышленного комплекса Воронежской области в соответствии с разработанными прогнозными сценариями может в значительной степени обеспечить гарантированный рост инвестиционной привлекательности анализируемых отраслей сельского хозяйства для потенциальных инвесторов, что может стать основой для развития их производственного потенциала.

Исходя из этого, именно определение необходимой потребности инвестиционных ресурсов, необходимых для достижения целевых значений параметров прогнозируемых индикаторов развития АПК Воронежской области, является логическим продолжением проведенного исследования (табл. 4).

Стратегический анализ рассчитанных прогнозных параметров, необходимых для развития отраслей агропромышленного комплекса исследуемого региона в соответствии с прогнозом, необходимо обеспечить привлечение реальных инвестиционных ресурсов в отрасль:

– согласно пессимистическому сценарию – не менее 13440,1 млн руб. ежегодное, в т.ч. инвестиции в основной капитал – не менее 9203,2 млн руб.;

– в соответствии с консервативным прогнозным сценарием – не менее 51 807,7 млн руб., в т.ч. инвестиции в основной капитал – не менее 39295,4 млн руб.;

– в рамках оптимистического сценария – не менее 61459,7 млн руб., в т.ч. инвестиции в основной капитал – не менее 47187,9 млн руб.

Таблица 4 – Определение объема инвестиций для сельскохозяйственных организаций Воронежской области по сценариям прогноза

Показатели	Пессимистический		Консервативный		Оптимистический	
	СХО	К(Ф)Х	СХО	К(Ф)Х	СХО	К(Ф)Х
Выручка – всего, млн руб.	169 520,1	33 856,1	381 859,0	69 973,9	459 607,9	75 375,8
Материально-денежные затраты – всего, млн руб.	150 901,7	32 963,1	250 927,2	57 067,5	277 162,0	57 225,0
Прибыль от продаж, млн руб.	18 618,4	893,0	130 931,8	12 906,4	182 445,9	18 150,8
Уровень рентабельности (окупаемости), %	12,3	2,7	52,2	22,6	65,8	31,7
Общий объем реальных инвестиций, млн руб.	9 852,0	3 588,1	42 065,5	9 742,2	50 514,4	10 945,3
Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства, млн руб.	7 812,6	1 390,6	33 357,7	5 937,7	40 057,6	7 130,3
Показатели эффективности использования инвестиций						
Инвестиции в основной капитал в расчете на:						
100 га с.-х. угодий, тыс. руб.	301,8	174,7	1288,5	746,1	1547,3	895,9
100 га площади посева, тыс. руб.	365,7	197,2	1578,1	841,9	1895,0	1011,0
Коэффициент эффективности инвестиций	2,4	0,6	3,9	2,2	4,6	2,5

Источник: рассчитано авторами.

Таким образом, анализ инвестиционных вложений в агропромышленное производство Воронежской области свидетельствует о том, что в долгосрочной перспективе наибольшая эффективность развития агропродовольственного сегмента исследуемого региона будут достигнуты в случае реализации консервативного или оптимистического сценариев. Об этом свидетельствует прогнозируемый объем инвестиций в основной капитал в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий по двум из категорий товаропроизводителей: сельскохозяйственным организациям и К(Ф)Х. Исходя из прогнозных параметров развития отрасли рассматриваемый показатель согласно консервативному сценарию достигнет в сельскохозяйственных организациях уровня 1288,5 тыс. руб. и не менее 746,1 тыс. руб. в крестьянских (фермерских) хозяйствах. Соответственно при реализации оптимистического сценария значения составят

1547,3 тыс. руб. в СХО и 895,9 тыс. руб. в К(Ф)Х. При этом отношение среднегодовой прибыли к среднегодовому размеру инвестиций в сельскохозяйственных предприятиях значительно выше, нежели в фермерских хозяйствах по всем прогнозным сценариям.

Важным этапом эффективной организации инвестиционной деятельности функционирования экономической системы является обоснование параметров структуры и объема инвестиций в разрезе источников их финансирования. Вместе с тем, при прогнозировании объемов инвестиций в основной капитал в разрезе источников необходимо сделать допущение, предполагающее тот факт, что средние значения фактической структуры инвестиционных вложений в основной капитал были использованы также в процессе расчета объемов финансирования по всем сценарным прогнозам (табл. 5).

Таблица 5 – Распределение инвестиций в основной капитал по источникам финансирования по вариантам прогноза

Сценарии	Всего	Собственные средства	Привлеченные средства	из них			
				кредиты банков	бюджетные средства	из них	
						федеральный бюджет	бюджет региона
Факт - 2020 г.	30725,5	13181,2	17544,3	4670,3	9463,5	4701,0	4086,5
Пессимистический	9203,2	3681,3	5521,9	1343,7	2254,8	1398,9	717,8
Консервативный	39295,4	15718,2	23577,2	5737,1	9627,4	5972,9	3065,0
Оптимистический	47187,9	18875,2	28312,7	6889,4	11561,0	7172,6	3680,7

Источник: рассчитано авторами.

Инвестиции в основной капитал в разрезе источников финансирования, определенных на основе прогнозных параметров, свидетельствует о том, что в целом по отрасли следует ожидать увеличение общей потребности в инвестициях интервале от 27,9% (консервативный сценарий) до 53,6% (оптимистический сценарий), при этом потребности в собственных средствах товаропроизводителей составят 19,2% и 43,2% соответственно. Кроме того, важно отметить, что достижение прогнозных параметров развития агропромышленного производства в рамках консервативного прогнозного сценария не повлечет за собой существенного роста бюджетной нагрузки (порядка 2,0%), в то же время, эффективная реализация оптимистического сценария потребует увеличение бюджетного финансирования более чем на 22,0%.

Следовательно, есть все основания утверждать, что два из трех прогнозных сценария – оптимистический и консерва-

тивный – являются приемлемыми, так как обеспечивают рост эффективности производственно-хозяйственной деятельности в исследуемой категории товаропроизводителей.

При этом наиболее предпочтительным является именно оптимистический прогнозный сценарий, ввиду того, что определенные прогнозны параметры развития отраслей АПК Воронежской области, а также прогнозируемые результаты производственно-хозяйственной деятельности, рассчитанные в процессе решения экономико-математической модели, а также соотношение между величиной затрачиваемых ресурсов для достижения целевых индикаторов являются оптимальными. Кроме того, уровень эффективности инвестиций при реализации оптимистического прогноза выше, несмотря на значительные потребности в инвестиционных ресурсах в сравнении с другими прогнозными сценариями.

Библиография

1. Багриновский К.А., Розин Б.Б. Опыт моделирования и программирования планово-экономических задач. Новосибирск : НГУ, 1965. 306 с.
2. Закон Воронежской области от 20 декабря 2018 года N 168-ОЗ «О Стратегии социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года» URL: <https://docs.cntd.ru/document/550300779> (дата обращения: 29.04.2022 г.).
3. Китаев Ю.А. Стратегия развития молочного скотоводства в ЦЧР : диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. Воронеж. 2021. 382 с.
4. Котова Т.Н., Хачатурян Р.Е. Методы прогнозирования экстраполяции в техническом сервисе // Достижения вузовской науки. 2014. № 8. С. 242-249.
5. Кушлин В.И. Государственное регулирование экономики: Учебник. 3-е. изд., перераб. и доп. Москва : Экономика. 2016. 495 с.
6. Лажаннинкас Ю.В., Кармазин В.Ю. Построение и анализ среднесрочных прогнозов на основе экстраполяции линейным трендом // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК. Материалы V Международной научно-практической конференции, Саратов, 16 апреля 2021 года. Саратов : Общество с ограниченной ответственностью «ЦеСАин», 2021. С. 158-162.
7. Линия тренда. Официальный сайт. URL: <https://kuchertatyana.files.wordpress.com/2018/02/d0bbd0b0d0b1-e284962-d182d0b5d0bed180d0b8d18fd0bbd0b8d0bbd0b8d18f-d182d180d0b5d0 bdd0b4d0b0.pdf> (Дата обращения: 05.04.2022 г.).

8. Розин Б.Б., Маршак В.Д., Суворов Б.П. и др. Экономико-математические методы в планировании многоотраслевых комплексов и отраслей. Новосибирск : Наука. Сиб. отделение, 1988. 407 с.
9. Система ведения агропромышленного производства Воронежской области на 1996-2000 годы. / Воронеж : Центрально-Черноземное книжное изд-во. 1996. 295 с.
10. Швалёва А.В., Алтаева А.К. Методы экстраполяции в прогнозировании // Наука и производство Урала. 2017. № 13. С. 106-108.

References

1. Bagrinovsky K.A., Rozin B.B. Experience in modeling and programming planning and economic tasks. Novosibirsk : NSU, 1965. 306 p.
2. Law of the Voronezh Region dated December 20, 2018 N 168-OZ «On the Strategy for the Social and Economic Development of the Voronezh Region for the period up to 2035» URL: <https://docs.cntd.ru/document/550300779> (date of access: 29.04.2022).
3. Kitaev Yu.A. Strategy for the development of dairy cattle breeding in the Central Chernozem region: a dissertation for the degree of Doctor of Economics. Voronezh. 2021. 382 p.
4. Kotova T.N., Khachatryan R.E. Methods of predictive extrapolation in technical service // Achievements of high school science. 2014. № 8. S. 242-249.
5. Kushlin V.I. State regulation of the economy: Textbook. 3rd. ed., revised. and additional Moscow : Economics. 2016. 495 p.
6. Lazhauninkas Yu.V., Karmazin V.Yu. Construction and analysis of medium-term forecasts based on extrapolation by a linear trend // Economic and mathematical methods for analyzing the activity of agricultural enterprises. Materials of the V International Scientific and Practical Conference, Saratov, April 16, 2021. Saratov : TseSAin Limited Liability Company, 2021. P. 158-162.
7. Trend line. Official site. URL: <https://kuchertatyana.files.wordpress.com/2018/02/d0bbd0b0d0b1-e284962-d182d0b5d0bed180d0b8d18fd0bbd0b8d0bdd0b8d18f-d182d180d0b5d0 bdd0b4d0b0.pdf> (Date of access: 04/05/2020).
8. Rozin B.B., Marshak V.D., Suvorov B.P. and others. Economic and mathematical methods in planning diversified complexes and industries. Novosibirsk : Nauka. Sib. Department, 1988. 407 p.
9. The system of conducting agro-industrial production in the Voronezh region for 1996-2000. Voronezh : Central Black Earth Book Publishing House. 1996. 295 p.
10. Shvaleva A.V., Altaeva A.K. Extrapolation methods in forecasting // Science and production of the Urals. 2017. № 13. S. 106-108.

Сведения об авторах

Терновых К.С., доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства и предпринимательской деятельности в АПК, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени им. Петра I», ул. Мичурина, д. 1, г. Воронеж, Россия, 394087, тел.: +7 (473) 253-86-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru;

Авдеев Е.В., кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени им. Петра I», ул. Мичурина, д. 1, г. Воронеж, Россия, 394087, тел.: +7 (473) 253-86-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru;

Козлов А.А., аспирант кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени им. Петра I», ул. Мичурина, д. 1, г. Воронеж, Россия, 394087, тел.: +7 (473) 253-86-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Information about authors

Ternovykh K.S., Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Organization of Production and Entrepreneurship in the Agroindustrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Peter I, st. Michurina, 1, Voronezh, Russia, 394087, tel.: +7 (473) 253-86-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru;

Avdeev E.V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Organization of Production and Entrepreneurship in the Agroindustrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Peter I, st. Michurina, 1, Voronezh, Russia, 394087, tel.: +7 (473) 253-86-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru;

Kozlov A.A., Post-graduate student of the Department of Organization of Production and Entrepreneurial Activities in the Agroindustrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Peter I, st. Michurina, 1, Voronezh, Russia, 394087, tel.: +7 (473) 253-86-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Руководство для авторов

В журнале публикуются результаты открытых научных исследований в области сельскохозяйственной науки и техники, материалы о результатах инновационных разработок и проектов предприятий и фирм различных форм собственности, изобретениях; материалы конференций, выставок, конкурсов.

Содержание статей рецензируется (в соответствии с профилем журнала) на предмет актуальности темы, четкости и логичности изложения, научно-практической значимости рассматриваемой проблемы и новизны предлагаемых авторских решений.

Общий объем публикации определяется количеством печатных знаков с пробелами. Рекомендуемый диапазон значений составляет от 12 тыс. до 40 тыс. печатных знаков с пробелами (0,3-1,0 печатного листа). Материалы, объем которых превышает 40 тыс. знаков, могут быть также приняты к публикации после предварительного согласования с редакцией. При невозможности размещения таких материалов в рамках одной статьи, они могут публиковаться (с согласия автора) по частям, в каждом последующем (очередном) номере журнала.

Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, кеглем (размером) – 9 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля сверху и снизу, справа и слева – 2 см, абзац – 0,7 см (не задавать пробелами), формат – книжный. Если статья была или будет отправлена в другое издание необходимо сообщить об этом редакции.

При подготовке материалов не допускается использовать средства автоматизации документов (колонтитулы, автоматически заполняемые формы и поля, даты), которые могут повлиять на изменение форматов данных и исходных значений.

Оформление статьи

Слева в верхнем углу с абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского института научной и технической информации – ВИНИТИ либо в сотрудничестве с библиографом учредителя журнала по тел. +7 4722 39-27-05).

Ниже, через пробел, слева с абзаца – инициалы и фамилии автора(ов), полужирным курсивом. Далее, через пробел, по центру строки – название статьи (должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

Затем с красной строки приводится аннотация, оформленная в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рефератам и аннотациям ГОСТ 7.9-95, ГОСТ 7.5-98, ГОСТ Р 7.0.4-2006, объемом 200-250 слов (не более 2000 знаков), с нового абзаца – ключевые слова.

Далее необходимо разместить на английском языке: название статьи, аннотацию (Abstract), ключевые слова (Keywords).

После этого через пробел – текст статьи, библиография (библиографическое описание приводится в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка») и ее вариант на английском языке (References). При составлении описаний на английском языке рекомендуется использовать международный стандарт Harvard, с учетом того, что фамилии и инициалы авторов русскоязычных источников, название статьи транслитерируются (согласно правилам Системы Библиотеки Конгресса США – LC), затем в квадратных скобках приводится перевод названия публикации, далее – ее выходные данные (на английском языке либо в транслитерации, без сокращений и аббревиатур).

Далее размещаются сведения об авторах, которые включают фамилию, имя и отчество, ученую степень, ученое звание (при наличии), занимаемую должность или профессию, место работы (учебы) – полное наименование учреждения или организации, включая структурное подразделение (кафедра, факультет, отдел, управление, департамент и пр.), и его полный почтовый адрес, контактную информацию – телефон и(или) адрес электронной почты, а также другие данные по усмотрению автора, которые будут использованы для размещения в статье журнала и на информационном сайте издательства. В коллективных работах (статьях, обзорах, исследованиях) сведения авторов приводятся в принятой ими последовательности. Затем следует англоязычный вариант информации об авторах (Information about authors).

Основной текст публикуемого материала (статьи) приводится на русском или английском языках. Текст публикуемой работы должен содержать введение, основную часть и заключение. Объем каждой из частей определяется автором. Вводная часть служит для обоснования автором цели выбранной темы, актуальности. Затем необходимо подробно изложить суть проблемы, провести анализ, обосновать выбранное решение, отразить, а также привести достаточные основания и доказательства, подтверждающие их достоверность. В заключительной части автор формулирует обобщенные выводы, основные рекомендации или предложения; прогнозы и (или) перспективы, возможности и области их использования. Для выделения наиболее важных понятий, выводов допускается полужирный шрифт и курсив. Не допускается применять подчеркивание основного текста, ссылок и примечаний, а также выделение его (окраска, затенение, подсветка) цветным маркером.

Авторский текст может сопровождаться монохромными рисунками, таблицами, схемами, фотографиями, графиками, диаграммами и другими наглядными объектами. В этом случае в тексте приводятся соответствующие ссылки на иллюстрации. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны.

Иллюстрации в виде схем, диаграмм, графиков, фотографий и иных (кроме таблиц) изображений считаются рисунками. Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Например: «Рис. 1 – Получение гибридных клеток».

При подготовке таблиц разрешается только книжная ориентация таблицы. Подпись таблицы располагается над ней, по центру. Например: «Таблица 3 – Стандарт породы по живой массе племенных телок».

Иллюстрации, используемые в тексте, дополнительно предоставляются в редакцию в виде отдельных файлов хорошего качества, формата TIFF (с разрешением 300 dpi) или EPS, все шрифты должны быть переведены в кривые. Исключение составляют графики, схемы и диаграммы, выполненные непосредственно в программе Word, в которой предоставляется текстовый файл, или Excel. Их дополнительно предоставлять в виде отдельных файлов не требуется.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе Microsoft Equation или Microsoft MathType. Формулы, набранные в других редакторах, а также выполненные в виде рисунков, не принимаются. Все обозначения величин в формулах и таблицах должны быть раскрыты в тексте.

При цитировании или использовании каких-либо положений из других работ даются ссылки на автора и источник, из которого заимствуется материал в виде отсылок, заключенных в квадратные скобки [1]. Все ссылки должны быть сведены автором в общий список (библиография), оформленный в виде затекстовых библиографических ссылок в конце статьи, где приводится полный перечень использованных источников. Использовать в статьях внутритекстовые и подстрочные библиографические ссылки не допускается.

Порядок представления материалов

Авторы предоставляют в редакцию (ответственным секретарям соответствующих тематических разделов) следующие материалы:

- статью в печатном виде, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на последнем листе всеми авторами,
- статью в электронном виде, каждая статья должна быть в отдельном файле, в имени файла указывается фамилия первого автора,
- сведения об авторах (в печатном и электронном виде) – анкету автора,
- рецензию на статью, подписанную (доктором наук) и заверенную печатью,
- аспиранты предоставляют справку, подтверждающую место учебы.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию предоставленная автором рукопись статьи рецензируется согласно установленному порядку рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлегией в целом. Автору не принятой к публикации рукописи редколлегия направляет мотивированный отказ.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Адреса электронной почты ответственных секретарей тематических разделов приведены ниже.

Тематический раздел «Агроинженерия и энергоэффективность»:

Пастухов Александр Геннадиевич, д. т. н., профессор – ответственный редактор,
Колесников Александр Станиславович, к. т. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru
тел. +7 908 783-88-92.

Тематический раздел «Инновационные технологии в агрономии»:

Азаров Владимир Борисович, д. с.-х. н., профессор – ответственный редактор,
Муравьёв Александр Александрович, к. с.-х. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru
тел. +7 951 142-75-77.

Тематический раздел «Инновационная экономика, управление предприятиями АПК и социальное развитие села»:

Наседкина Татьяна Ивановна, д. э. н., профессор – ответственный редактор,
Демешева Ирина Алексеевна, к. э. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: demesheva_ia@bsaa.edu.ru
тел. +7 920 208-73-49.

Пример оформления статьи

УДК 633.11(470.325)

В.В. Смирнова, Н.А. Сидельникова, И.В. Кулишова

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации (не менее 250 слов, 2000 знаков).

Ключевые слова: ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова (не менее 5)

FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords.

Далее излагается текст научной статьи.....
(текст).....
(текст).....
(текст).....

Таблица 1 – Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, т/га (2016-2017 г.г.)

Библиография

Приводится список использованных литературных и других источников на русском

References

и на английском языках.

Сведения об авторах

Смирнова Виктория Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Сидельникова Наталья Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26

Кулишова Ирина Владимировна, аспирант второго года обучения кафедры земледелия, агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.

Guidelines for authors

Results of open scientific researches in the field of agricultural science and equipment, materials about results of innovative development and projects of the enterprises and firms of various forms of ownership, inventions, materials of conferences, exhibitions and competitions are published in the Journal.

The contents of articles are reviewed (according to Journal's content) for topic relevance, clearness and statement logicity, the scientific and practical importance of the considered problem and novelty of the proposed author's solutions.

The total amount of the publication is decided by the amount of typographical units with interspaces. The recommended range of values makes from 12 thousand to 40 thousand typographical units with interspaces (0,3-1,0 printed pages). Materials which volume exceeds 40 thousand typographical units may be also accepted to the publication after preliminary agreement with editorial body. In case of impossibility of such materials replacement within one article, they may be published (with the author consent) in parts, in each subsequent (next) issue of the Journal.

Articles must be issued on sheets A4, printed type must be Times New Roman, size must be 9 pt, a line spacing is 1,0. Edges above and below, right and left are 2 cm, the paragraph is 0,7 cm (without interspaces), a format is a book. If article was or will be sent to another edition it is necessary to report to our editions.

During materials preparation you may not to use an automation equipment of documents (headlines, automatically filled forms and fields, dates) which can influence change of formats of data and reference values.

Article registration

In the left top corner from the paragraph article UDC is printed (check a correctness of the chosen UDC on the site of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information or in cooperation with the bibliographer of the founder of Journal by tel. +7 4722 39-27-05).

Below, after interspaces, at the left from the paragraph are full name of the author(s), semi boldface italics. Further, after interspaces, in the center of a line is article title (the name of article has to reflect the main idea of the executed research and should be as short as possible) and it prints with capital letters.

Then with a new paragraph one places a summary (issued according to requirements imposed to papers and summaries of GOST 7.9-95, GOST 7.5-98, GOST P 7.0.4-2006 of 200-250 words (no more than 2000 signs), from the new paragraph one provides keywords.

Further it is necessary to place in English: article title, summary (Abstract), keywords.

Next after interspaces is the text of article, the bibliography (the bibliographic description is provided according to GOST P 7.0.5-2008 "Bibliographic reference") and its option in English (References). By drawing up descriptions in English it is recommended to use the international Harvard standard taking into account that authors full name of Russian-speaking sources, article titles are transliterated (according to rules of System of Library of the Congress of the USA – LC), after that in square brackets is translation of publication title, further is given its output data (in English or transliteration, without reductions and abbreviations).

Further there are data about authors, which include a surname, a name and a middle name; academic degree, academic status (now); post or profession; a place of work (study) – full name of organization, including structural division (chair, faculty, department, management, department, etc.), and their full postal address, contact information – telephone and (or) the e-mail address, and also other data on the author's discretion which will be used for article's replacement in the Journal and on the informational website of publishing house. In collective works (articles, reviews, researches) of data of authors are brought in the sequence accepted by them. Further information about authors in English.

The main text of the published material (article) is provided in Russian or English. The text of the published work has to contain: introduction, main part and conclusion. The volume of each of parts is defined by the author. Then it is necessary to detail a problem, carry out the analysis, prove the chosen decision, and give the sufficient bases and proofs confirming ones reliability. In conclusion the author formulates the generalized conclusions, the main recommendations or offers; forecasts and(or) prospects, opportunities and their application area.

For highlighting of the most important concepts, conclusions is used the bold-face type and italics. It is not allowed to apply underlining of the main text, references and notes, and also its allocation (coloring, illumination) a color marker.

The author's text can be accompanied by monochrome drawings, tables, schemes, photos, schedules, charts and other graphic objects. In this case the corresponding references to illustrations are given in the text. Drawings titles and headings of tables are obligatory.

Illustrations in the form of schemes, charts, schedules, photos and others (except tables) images are considered as drawings. Drawing title is under it in the middle of a line. For example: "Fig. 1 – Obtaining hybrid cells".

During tables preparation you can use only book orientation of the table. Table title is over it, in the center. For example: "Table 3 – The breed standard in live weight of breeding heifers".

The illustrations used in the text in addition are provided in edition in the form of separate files of high quality, the TIFF format (with the resolution of 300 dpi) or EPS, all fonts have to be transferred to curves. The exception is made by the schedules, schemes and charts executed directly in the Word program in which the text file or Excel is provided. It is not required to provide them in the form of different files.

Mathematical formulas should be written in the formular Microsoft Equation or Microsoft MathType editor. The formulas, which are written in other editors and in the form of drawings, are not accepted. All designations of sizes in formulas and tables must be explained in the text.

In case of citing or using any provisions from other works one should give references to the author and a source from which material in the form of the sending concluded in square brackets [1]. All references must be listed by the author in the general list (bibliography) issued in the form of endnote bibliographic references in the end of article where the full list of the used sources is provided. Do not use intra text and interlinear bibliographic references in articles.

Order of materials representation

Authors provide the following materials in edition (responsible secretaries of the appropriate thematic sections):

- article in printed form, without hand-written inserts, on one party of a standard sheet, signed on the last sheet by all authors,
- article in electronic form, each article has to be in the different file, the surname of the original author titles the file,
- data about authors (in a printing and electronic versions) – the questionnaire of the author,

- the review of article signed (doctor of science) and certified by the press
- graduate students provide the reference confirming a study place.

On condition of implementation of formal requirements to materials for the publication the article manuscript provided by the author is reviewed according to an established order of reviewing of the manuscripts, which are coming to editorial office of the Journal. The decision on expediency of the publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy chief editors), and if it is necessary by an editorial board in general. The editorial board sent to the author of the unaccepted manuscript a motivated refusal.

The payment for the manuscripts publication is not charged from graduate students.

E-mail addresses of responsible secretaries of thematic sections are given below:

Thematic section “**Agricultural Engineering and Energy Efficiency**”:

Pastukhov Alexander Gennadievich, Dr. of Tech. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Kolesnikov Alexander Stanislavovich, Cand. Tech. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru

Tel. +7 908 783-88-92.

Thematic section “**Innovative Technologies in Agronomy**”:

Azarov Vladimir Borisovich., Dr. Agric. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Muravyov Alexander Alexandrovich, Cand. Agri. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru

Tel. +7 952 142-75-77.

Thematic section “**Innovative Economics, Management of Agricultural Enterprises and Social Development of the Village**”:

Nasedkina Tatyana Ivanovna, Dr. Econ. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Demesheva Irina Alekseevna, Cand. Econ. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: demesheva_ia@bsaa.edu.ru

Tel. +7 920 208-73-49.

Example of registration of article

UDC 633.11(470.325)

V.V. Smirnova, N.A. Sidelnikova, I.V. Kulishova

**FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN
OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION**

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation
Text annotation Text annotation (not less than 250 words).

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords (not less than 5 keywords).

Text.....
.....
.....

Table 1 – The breed standard in live weight of breeding sows

References

1. Smirnova V.V. Vliyanie predshestvennikov na urozhajnost' sortov ozimoy pshenicy, tekhnologicheskie kachestva zerna i ih izmenenie pri hranenii: avtoreferat dis. ... kand.s.-h. nauk: 06.01.09 / Smirnova V.V.; BelGSKHA. – Belgorod, 2007. – 19 s.
2. Sidel'nikova N.A. Sovershenstvovanie intensivnyh tekhnologij vozdeleyvaniya zemnykh kul'tur v CCHZ / N.A. Sidel'nikova, L.G. Gavrilenko // Sbornik nauchnykh trudov SKHI.-Belgorod, 1988.-111s.
3. GOST R 52554 – 2006. Pshenica. Tekhnicheskie usloviya. – Vved. 2007-07-01. – M.: Standartinform, 2006. – 13 s.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.