



Инновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№3 (43) 2024

**Инновации в АПК:
проблемы и перспективы**

Теоретический и научно-
практический журнал

**Выпуск 3 (43)
2024 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», 2024

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;	Меделяева З.П. , д. э. н., профессор;
Андрианов Е.А. , д. с.-х. н., профессор;	Муравьёв А.А. , к. с.-х. н., доцент;
Аничин В.Л. , д. э. н., профессор;	Мязин Н.Г. , д. с.-х. н., профессор;
Афоничев Д.Н. , д. тех. н., профессор;	Наседкина Т.И. , д. э. н., профессор;
Бабинцев В.П. , д. фил. н., профессор;	Наумкин В.Н. , д. с.-х. н., профессор;
Вендин С.В. , д. тех. н., профессор;	Пастухов А.Г. , д. тех. н., профессор;
Гончаренко О.В. , к. э. н., доцент;	Поливаев О.И. , д. тех. н., профессор;
Груздова Л.Н. , к. э. н., доцент;	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;	Скuryтин 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;	Токарёв Е.В. , д.э.н., профессор
Ломазов В.А. , д. физ.-мат. 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)
- 4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)
- 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)
- 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки)
- 5.2.4. Финансы (экономические науки)

Информация об ответственных редакторах и секретарях тематических
секций указана в конце журнала в разделе «Руководство для авторов».

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА»

Подписано в печать 07.10.2024 г., дата выхода в свет 16.10.2024 г.

Усл. п.л. 20,5. Тираж 1000 экз. Заказ № 2059. 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 3 (43)
2024

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

© Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education
«Belgorod State Agricultural University named
after V. Gorin», 2024

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; Medeliyeva Z.P., Dr. Econ. Sci., professor;
Andrianov E.A., Dr. Agr. Sci., professor; Muravyov A.A., Cand. Agri. Sci., as. prof.;
Anichin V.L., Dr. Econ. Sci., professor; Myazin N.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Afonichev D.N., Dr. Tech. Sci., professor; Nasedkina T.I., Dr. Econ. Sci., professor;
Babintsev V.P., Dr. Phil. Sci., professor; Naumkin V.N., Dr. Agr. Sci., professor;
Vendin S.V., Dr. Tech. Sci., professor; Pastukhov A.G., Dr. Tech. Sci., professor;
Goncharenko O.V., Cand. Econ. Sci., as. prof.; Polivaev O.I., Dr. Tech. Sci., professor;
Gruzdova L.N., Cand. Econ. Sci., as. prof.; 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;
Lomazov V.A., Dr. Phys.-math. Sci., prof;

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 sci-
ence should be published includes the following scientific specialties presented
in the journal:

- 4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences)
- 4.1.3. Agrochemistry, agrosil science, plant protection and quarantine
(agricultural sciences)
- 4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex
(technical sciences)
- 4.3.2. Electrical technologies, electrical equipment and power supply of agro-
industrial complex (technical sciences)
- 5.2.3. Regional and sectoral economics (economic sciences)
- 5.2.4. Finance (economic sciences)

Information about executive editors and secretaries of thematic sections is
given at the end of the journal in the section «Guidelines for Authors».

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

Signed for publication 07.10.2024, date of publication 16.10.2024.

Conventional printed sheet 20,5. Circulation 1000 copies.

Order № 2059. 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

М.И. Волков МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ НА ИЗНОС ДИСКОВ СОШНИКОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЁ ОТРАБОТКИ.....	5
С.Ф. Вольвак, В.И. Шаповалов ОБОСНОВАНИЕ ВЗАИМОРАСПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА.....	13
А.С. Горлов, Г.Н. Аверьянов ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ЕСТЕСТВЕННОЙ СУШКИ КУКУРУЗЫ В ПОЧАТКАХ.....	21
А.Г. Пастухов, Д.Н. Бахарев, Е.И. Глуценко ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СНЕГООЧИСТИТЕЛЯ ДЛЯ БЕСКАРКАСНОГО АРОЧНОГО ЗЕРНОХРАНИЛИЩА.....	26
А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЯЧЕЙКИ ДИСКА ТУКОВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ.....	36
Е.П. Тимашов МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ.....	41

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

С.А. Дмитриенко, В.Б. Азаров, Н.И. Клостер ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ УДОБРЕННОСТИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО.....	47
Л.Н. Кузнецова, Е.Г. Котлярова, Т.С. Морозова, А.О. Палий, С.А. Линков СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АБСОРБЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДЕРЕВЬЯМИ В ЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ.....	52
С.И. Тютюнов, Е.В. Навольнева, К.В. Дорохин, Д.И. Каторгин, И.О. Шестопалов ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ.....	60
И.О. Шестопалов, О.В. Акинишина, Н.Н. Шестопалова, Е.В. Навольнева, И.И. Михайленко, Г.И. Шестопалов, Д.В. Володин, Я.О. Козелец АНАЛИЗ МОРОЗОСТОЙКОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	66

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

Ж.А. Ульянова, Е.А. Голованева, Е.А. Базовкина КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В СИСТЕМЕ РАНЖИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	72
Руководство для авторов.....	77

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY

M.I. Volkov THE TEST PROCEDURE FOR THE WEAR OF COULTER DISCS AND THE RESULTS OF ITS DEVELOPMENT.....	5
S.F. Volvak, V.I. Shapovalov SUBSTANTIATION THE RELATIVE POSITION OF THE WORKING BODIES OF A GRINDING MACHINE OF VERTICAL TYPE STALKED FEEDS.....	13
A.S. Gorlov, G.N. Averyanov DESCRIPTION OF THE PROCESS OF NATURAL DRYING OF CORN COBS.....	21
A.G. Pastukhov, D.N. Bakharev, E.I. Glushchenko JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME SNOWPLOW FOR FRAMELESS ARCHED GRANARY.....	26
A.V. Sakhnov, S.V. Strebkov, A.V. Bondarev SUBSTANTIATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE DISK CELL OF THE SEEDER'S TOWERING APPARATUS.....	36
E.P. Timashov METHOD OF ANALYSIS OF THE TEMPERATURE STATE OF BEARING UNITS TO ENSURE THEIR AUTOMATIC DIAGNOSTICS.....	41

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY

S.A. Dmitrienko, V.B. Azarov, N.I. Kloster CHANGES IN THE AGROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM AT DIFFERENT LEVELS OF FERTILIZATION OF CORN FOR GRAIN.....	47
L.N. Kuznetsova, E.G. Kotlyarova, T.S. Morozova, A.O. Paliy, S.A. Linkov COMPARATIVE ANALYSIS OF CARBON DIOXIDE ABSORPTION BY TREES IN PROTECTIVE PLANTINGS.....	52
S.I. Tyutyunov, E.V. Navolneva, K.V. Dorokhin, D.I. Katorgin, I.O. Shestopalov THE INFLUENCE OF FACTORS OF THE FARMING SYSTEM ON THE CHANGE IN THE HUMUS CONTENT IN TYPICAL CHERNOZEM.....	60
I.O. Shestopalov, O.V. Akinshina, N.N. Shestopalova, E.V. Navolneva, I.I. Mikhaylenko, G.I. Shestopalov, D.V. Volodin, Ya.O. Kozelets ANALYSIS OF THE FROST RESISTANCE INDEX OF LOCAL AND NON-REGIONAL VARIETIES OF WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE BELGOROD REGION.....	66

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

J.A. Ulyanova, E.A. Golovaneva, E.A. Bazovkina KEY INDICATORS IN THE RANKING SYSTEM AGRICULTURAL ORGANIZATIONS OF THE BELGOROD REGION.....	72
Guidelines for authors	77

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 631.331.53:620.178.162.2

М.И. Волков

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ НА ИЗНОС ДИСКОВ СОШНИКОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕЁ ОТРАБОТКИ

Аннотация. В программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации указано одно из приоритетных направлений – это развитие отечественной экономики и общества. Данное развитие возможно лишь при повышении результативности научных исследований и увеличения эффективности при внедрении результатов, например в сельскохозяйственное производство. Особое внимание стоит уделять растениеводству, как составляющей производственного базиса, именно оно дает развитие сырьевой базе сельского хозяйства. Растениеводство существенно зависит от посевов, которые совершаются сеялками, в частности формирования борозды двухдисковыми сошниками, на ложе которой опускается семя. Но из-за износа глубина заделки семян нарушается, что может вести к потерям урожая в связи, с чем возникает вопрос об изучении абразивного износа дисков сошников сеялок. Проведенный анализ существующих методик испытаний деталей на абразивный износ показал, что испытания проводятся на образцах и не учитывают геометрию самих деталей, в связи с чем поставлена цель разработать методику для испытания дисков сошников на износ. Для достижения этой цели ранее был выполнен стенд, сформирована программа для испытания серийных и опытных дисков. Определены условия, при которых должны испытываться диски в соответствии с ГОСТ 31345-2007, ГОСТ 26244-84 и время для достижения дисками границы первого ремонтного размера 340 мм, что соответствует наработке сеялки 650 га или же 82,2 ч времени работы дисков на стенде. Определены геометрические параметры: внешний диаметр диска D , мм; толщина диска δ , мм; длина фаски режущей кромки диска l , мм; угол заточки диска α , град, и механические свойства – твердость диска, HRC, которые необходимо контролировать при испытании дисков на износ. Проведена графическая интерпретация и получены уравнения зависимости изменения объема почвы, выявлена необходимость подсыпания почвы в стенд через каждые 11,61 минут объемом $V=944 \text{ см}^3$.

Ключевые слова: диск сошника сеялки, абразивный износ, стенд.

THE TEST PROCEDURE FOR THE WEAR OF COULTER DISCS AND THE RESULTS OF ITS DEVELOPMENT

Abstract. The program of fundamental scientific research in the Russian Federation indicates one of the priorities is the development of the national economy and society. This development is possible only with an increase in the effectiveness of scientific research and an increase in efficiency in the implementation of results, for example, in agricultural production. Special attention should be paid to crop production as a component of the production oasis, it is it that gives development to the raw material base of agriculture. Crop production strongly depends on the crops that are carried out by seeders, in particular, the formation of a groove with two-disc coulters, on the bed of which the seed is lowered. But due to wear, the sowing depth is disrupted, which can lead to crop losses, which raises the question of studying the abrasive wear of discs of coulters of seeders. The analysis of existing methods of testing parts for abrasive wear showed that the tests are carried out on samples and do not take into account the geometry of the parts themselves, and therefore, the goal is to develop a methodology for testing coulters discs for wear. To achieve this goal, a stand was previously made, and a program was formed to test serial and experimental disks. The conditions under which the discs should be tested in accordance with GOST 31345-2007, GOST 26244-84 and the time for the discs to reach the boundary of the first repair size of 340 mm were determined, which corresponds to the operating time of the drill 650 hectares or 82.2 hours of disk operation on the stand. The geometric parameters are determined: the outer diameter of the disc D , mm; the thickness of the disc δ , mm; the length of the chamfer of the cutting edge of the disc l , mm; the sharpening angle of the disc α , ° and mechanical properties: the hardness of the disc, HRC., which must be monitored when testing the discs for wear. The equations of dependence of soil changes are constructed, the need to pour soil into the stand every 11,61 minutes with a volume of $V = 944 \text{ cm}^3$ is revealed.

Keywords: seeder coulters disc, abrasive wear, stand.

Постановка проблемы. В программе фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочной период 2021-2030 годы подразумевается повышение результативности, значимости и востребованности полученных результатов научных исследований для развития отечественной экономики и общества [1].

Сельское хозяйство является одной из составляющих группы материального производства отрасли отечественной экономики, а продукция сельского хозяйства растительная, мясная и молочная, просто необходима для выживания общества. Поэтому увеличение объемов производства данной продукции является актуальной задачей, требующей изучения бионических особенностей и механико-технологических свойств сельскохозяйственных материалов [2-4].

В основе любых технологий получения сельскохозяйственной продукции лежат посевы, так как из посевов получается продукция растениеводства, которая используется для выращивания животных, получения молока и просто для потребления человеком [5, 6].

Технологический процесс посева осуществляется с помощью сеялок, посредством формирования бороздки, чаще всего двухдисковым сошником, укладыванием туда семени и засыпания бороздки с семенами загортачами. Если диск не соответствует техническим требованиям, чаще всего из-за диаметального износа, процесс заделки семян нарушается из-за формирования неправильной геометрии бороздки, вместо клина образываемого двумя дисками, образывается так называемый «усеченный» клин. Из-за данного образования происходит неправильное формирование семенного ложа и семена попадают в более верхние слои почвы, из-за чего происходит уменьшение глубины размещения семени, что в итоге негативно сказывается на урожайности [7-9].

В связи с вышесказанным особую актуальность приобретает изучение износа дисков сошников, его появление и тенденции изменения в зависимости от наработки сеялки.

Исследовать детали на абразивный износ, так как диски сошников сеялки работают в абразивной среде, можно несколькими способами:

1) полевым, исследование износа дисков после определенной наработки сеялки; недостатками данного способа является то, что зачастую результаты приходится ждать слишком долго, а при ошибке назначения того или иного воздействия и вовсе можно потерять целый сезон;

2) компьютерным моделированием, построение модели износа благодаря ранее сделанным наблюдениям; недостатком данного способа является получение первичных данных для использования при построении модели;

3) стендовым, наиболее применяемым в исследованиях, создание условий испытаний, приближенных к эксплуатационным или даже более жесточенным для проведения ускоренных испытаний; недостатком данного способа является формирование методики, которая будет отвечать требуемым результатам.

В связи с вышеперечисленным, применяем стендовые испытания, как более быстрые по времени и при правильно сформированной методике, ничем не уступающие по точности измерений эксплуатационным испытаниям.

Анализ последних исследований и публикаций. Рассмотрены работы авторов, где проводились оценка и испытания на абразивный износ лабораторных образцов [10-20].

Например, Михальченков А.М., Денисов В.А. и Новиков А.А. испытывают образцы в виде пластин $60 \times 24 \times 8$, приклеиваемых в пазы остова, на износ, для придания вращения остову используется сверлильный станок. Абразивная среда представляет собой строительный песок и гранитную крошку с размером частиц 2-6 мм, в течение 40 минут при частоте вращения от 500 до 1000 мин^{-1} [11].

Филин Ю.И. и Михальченко А.М. испытывают композит путем нанесения его на поверхность матрицы, выполненной в виде остова диаметром 75 мм и высотой 80 мм, на износ, для придания вращению остову используется сверлильный станок. Абразивная среда представляет собой 40 мас.ч. природного песка и 60 мас.ч. гравийной крошки с размерами 6-10 мм, в течение 7-10 минут при частоте вращения 1000 мин^{-1} [12].

Михальченков А.М. испытывает композит, также нанесенный на матрицу, выполненную в виде остова, приводящегося в движение сверлильным станком. Абразивная среда, представляет собой смесь кварцевого песка и гранитной крошки в соотношении 70 к 30 %, средние размеры гранитных включений $d=6,2$ мм, время испытаний определялось в зависимости от достижения износа 0,6 мм при частоте вращения 500 мин^{-1} время 700 мин, при частоте вращения 1000 мин^{-1} время 15 мин [13].

Серов Н.В. и Бурак П.И. испытывают на износ образцы в виде пластин размером 60×30 мм, толщиной 7-10 мм, используя в качестве абразива кварц с размером частиц 0,16...0,32 мм, применяя установку ИМ-01, в течение 30 минут при частоте вращения ролика 115 мин^{-1} [14].

Нотов Р.А. и Лебедев А.Т. испытывают на износ образцы в виде прямоугольных пластин, используя в качестве абразива кварцевый песок, просеянный через сито 0,5 мм, применяя специальную сконструированную установку на подбнии ИМ-01, в течение 10 минут при частотах вращения от 50 до 1000 мин^{-1} [15].

Кравченко И.Н. и другие испытывают образцы – пластины размером 35×25 мм и толщиной 3-5 мм, используя в качестве абразивного материала частицы кварца и частицы корунда размером 0,16-0,32 мм, применяя установку ИМ-01, в течение 60 минут при частоте вращения ролика 115 мин^{-1} [16].

Годжаев З.А. и другие испытывают цилиндрические образцы диаметром 10 мм, используя в качестве абразивного материала шлифовальный круг марки 14A40НГТ, применяя машину трения УМТ-1, в течение 8 часов при скорости вращения образца 0,28 м/с [17].

Кроха И.В. испытывает образцы диаметром $2 \pm 0,1$ мм и длиной 20 мм, используя в качестве абразивного материала абразивную шкурку по ГОСТ 17367-71, применяя машину для испытания образцов Х-4Б [18].

Кисель Ю.Е. и другие испытывают образцы в виде пластин размером $30 \times 30 \times 1$ мм, используя в качестве абразивного материала речной песок с размером зерен не более 1 мм, применяя специальную сконструированную установку на подбнии ИМ-01, при частоте вращения ролика 60-325 мин^{-1} [19].

Тилабов Б.К. и Мухамедов А.А. испытывают образцы, используя в качестве абразивного материала кварцевые частицы от 0,2 до 2 мм, применяя машину ПВ-7 [20].

Из анализа научных работ следует, что существуют различные методы испытаний деталей на износостойкость, чаще всего это ускоренные испытания, в частности испытания на абразивный износ, где применяют образцы, которые не соответствуют геометрии реальных деталей, что в свою очередь может вести к недостоверности полученных данных при применении режимов к реальным деталям.

Цель работы – разработка методики для испытаний дисков сошников на износ.

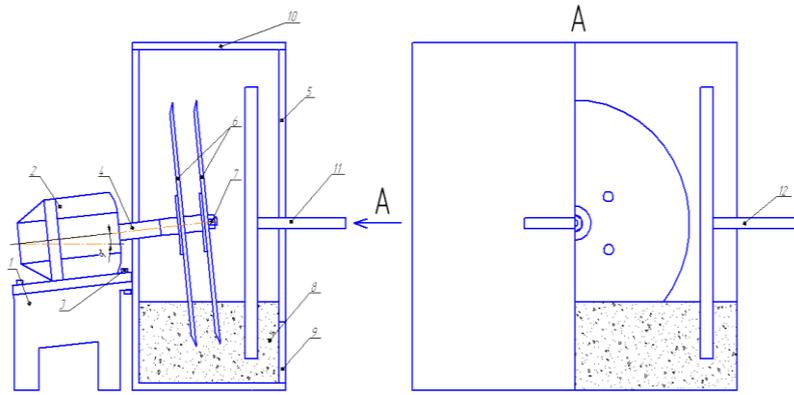
Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- разработать программу исследований;
- разработать методику для испытания опытного и серийного диска на абразивный износ;
- выбор параметров и оценка результатов.

Материалы и методы. Для исследования износа дисков сеялки и соответственно проверки дисков на износостойкость используем известный стенд для ускоренных испытаний, который был разработан нами ранее [21]. Кинематическая схема стенда изображена на рисунке 1.

Стенд состоит из рамы, установочная площадка, которой выполнена под углом 9° к горизонту, электродвигателя, благодаря площадке, устанавливаемого под углом, кронштейна, выполненного в виде узла полуоси, для крепления двух дисков сошников под углом за счет соединенного с валом электродвигателя напрямую. На оси устанавливаются исследуемые диски, серийный и опытный, которые погружены в неподвижную емкость с абразивной смесью на глубину обработки почвы, в нашем случае 8,1 см.

Перед началом испытаний проводится измерение твердости почвы. Диски 6 (опытный и серийный) размещаются на полуоси 4 и фиксируются гайкой 7, затем в неподвижную емкость 5 насыпается абразивный материал 8, до уровня заглубления дисков по линии, нанесенной на внутренней части неподвижной емкости ранее, далее в направлении к дискам подвдятся прижимающая пластина спереди 11 и прижимающая пластина сбоку 12 до тех пор, пока измерение твердости не достигнет 0,6 МПа при измерении твердомером WileSoil. После достижения данной твердости на прижимающие пластины наносятся пометки для выставления данного положения пластин после запуска электродвигателя. Затем контролируется уровень заглубления дисков по линии, нанесенной на внутренней части неподвижной емкости ранее, излишки абразива выше данной линии удаляются из ящика, отводятся прижимающие пластины. После этого из неподвижной емкости 5, благодаря снятию крышки 9, пересыпается абразивный материал в специальную емкость для дальнейшего использования в стенде после запуска, объем при этом фиксируется.



1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – болтовое соединение; 4 – полуось; 5 – неподвижная емкость; 6 – диски сошников сеялки; 7 – гайка; 8 – абразивный материал; 9 – крышка; 10 – верхняя крышка; 11 – прижимающая пластина спереди; 12 – прижимающая пластина сбоку

Рис. 1 – Общий вид стенда для ускоренных испытаний на износостойкость дисков сошников сеялок

Испытание дисков на износ осуществляется следующим образом: диски 6 (опытный и серийный) размещаются на полуоси 4 и фиксируются гайкой 7, затем в неподвижную емкость 5 насыпается абразивный материал 8, до касания лезвия первого размещенного диска, горизонта насыпанной земли. Затем запускается электродвигатель и досыпается абразивный материал 8 и подводятся прижимающие пластины 11 и 12 по ранее выставленным меткам. После остановки электродвигателя проводится обратный порядок действий. Стоит отметить, что перед новым запуском электродвигателя абразивный (отработанный) материал в неподвижной емкости полностью заменяется на новый.

Сама программа для сравнительной оценки определения износа дисков включает в себя 9 серийных (СД) и 9 опытных дисков. Опытные диски в свою очередь подразделяются на упрочненные серийные (СУД) – 3 диска, упрочненные и нормализованные бывшие в эксплуатации (ЭУД) – 3 диска и на упрочненные и нормализованные восстановленные (ВУД) – 3 диска. Таким образом, формируются три партии дисков с трехкратной повторностью: 1 партия – СД I + СУД; 2 партия – СД II + ЭУД; 3 партия – СД III + ВУД.

Износ дисков контролируется по следующим параметрам:

- 1) геометрическим параметрам – внешний диаметр диска D , мм; толщина диска δ , мм; длина фаски режущей кромки диска l , мм; угол заточки диска α , град;
- 2) механическим свойствам – твердость диска, HRC.

Далее определим режимы для моделирования работы дисков, если бы они размещались на сеялке и эксплуатировались в полевых условиях. Для обоснования режимов испытаний рассчитаем параметры при работе дисковых сошников на сеялке при минимальной скорости 9 км/ч и при максимальной 15 км/ч, а затем, учитывая эти параметры, рассчитаем, сколько времени необходимо для моделирования условий работы на стенде [22].

Частота вращения n , мин⁻¹, связана с угловой скоростью вращения соотношением

$$n = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} \quad (1)$$

где ω – угловая скорость, рад/с; π – математическая постоянная.

Связь линейной скорости v , м/с, с угловой имеет вид

$$v = \omega \cdot r = \frac{\omega \cdot D}{2} \quad (2)$$

где ω – угловая скорость, рад/с; D – диаметр диска, м.

Выражаем угловую скорость ω , рад/с, из формулы (2), получаем

$$\omega = \frac{2 \cdot v}{D} \quad (3)$$

После подстановки формулы (3) в формулу (1) получаем число оборотов n , мин⁻¹, определяемое по формуле

$$n = \frac{2 \cdot v}{2 \cdot \pi \cdot D} = \frac{v}{\pi \cdot D} \quad (4)$$

где v – скорость, м/с, исходя из технической документации, минимальная скорость диска сеялки 9 км/ч=2,5 м/с, максимальная рабочая скорость диска сеялки составляет 15 км/ч=4,17 м/с [22]; π – математическая постоянная; D – диаметр диска, м, принимаем стандартное значение 0,35. После подстановки значений получаем

$$n_{\min} = \frac{2,5}{3,14 \cdot 0,35} = 2,27 \text{ с}^{-1} = 136,2 \text{ мин}^{-1}, \quad n_{\max} = \frac{4,17}{3,14 \cdot 0,35} = 3,79 \text{ с}^{-1} = 227,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Асинхронная частота вращения электродвигателя 4A71B6Y3, который установлен на стенде, составляет $n=920$ мин⁻¹, мощность $N_{\text{дв}}=0,55$ кВт, скольжение $s=8$ %, КПД $\eta=67,5$ %, коэффициент мощности $\cos \varphi=0,71$. Зная частоту вращения электродвигателя стенда и частоту вращения дискового сошника сеялки, определим коэффициент соотношения по частоте вращения. Коэффициент соотношения по оборотам, k_n , определяем по следующей формуле

$$k_n = \frac{n_o}{n_{mi}}, \quad (6)$$

где n_o – частота вращения электродвигателя, мин⁻¹; n_{mi} – число оборотов дискового сошника сеялки, мин⁻¹. После подстановки значений получаем

$$k_{n_{max}} = \frac{920}{136,2} = 6,755 \quad k_{n_{min}} = \frac{920}{227,4} = 4,046$$

Как видим, ускорение работы дискового сошника на стенде в 6,75 раз при скорости 9 км/ч и при скорости 15 км/ч в 4,04 раза по сравнению с аналогичной работой на сеялке.

Коэффициент ускорения процесса изнашивания при работе дисков на стенде k_y , определяем по следующей формуле

$$k_y = \frac{k_n}{k_u}, \quad (7)$$

где k_n – коэффициент соотношения по оборотам; k_u – коэффициент изменения почвенной структуры. Находится в диапазоне от 1,5 до 2,0, но из исследований Лисецкого Ф.Н. и других выявлено, что в Белгородской области у черноземов лесостепи наблюдается высокая активность биотурбаций при высоком содержании органического вещества, у почвы заповедного участка «Лес на Ворскле» – 6,1 %, у лесной почвы полигона «Вейделевский» – 12,8 %, что в среднем составляет $(6,1\% + 12,8\%) / 2 = 9,45\%$, округляя в большую сторону получаем цифру 10 %. Соответственно диапазон необходимо увеличить на 10 %, то есть на $2,0 \cdot 10 / 100 = 0,2$, таким образом, получаем диапазон от 1,5 до 2,2, для ужесточения условий берем наибольшее значение [23]. После подстановки значений получаем

$$k_{y_{max}} = \frac{6,755}{2,2} = 3,070 \quad k_{y_{min}} = \frac{4,046}{2,2} = 1,839$$

Контролирование геометрических параметров и механических свойств осуществляется при достижении серийными дисками диаметра 340 мм, это соответствует достижению дисками границы первого ремонтного размера [24]. Из эксплуатационных наблюдений данный размер достигается при наработке сеялки 637 га. Для удобства расчетов, а также для устойчивого износа округляем данное значение до 650 га [9].

Рассчитаем время t , ч, при котором наработка сеялки составит 650 га, по формуле

$$t = \frac{S}{W}, \quad (8)$$

где S – площадь – 650 га, что при переводе соответствует 6500000 м²; W – производительность сеялки, из характеристики минимальная производительность – 32000 м²/ч, максимальная производительность – 43000 м²/ч [25]. После подстановки значений получаем

$$t_{max} = \frac{6500000}{32000} = 203,13 \quad \text{ч}, \quad t_{min} = \frac{6500000}{43000} = 151,163 \quad \text{ч}.$$

Вычислим время работы t , ч, дисков на стенде при минимальных и максимальных значениях по формуле

$$t = \frac{t}{k_y}, \quad (9)$$

где t – время, ч; k_y – коэффициент ускорения процесса изнашивания при работе дисков на стенде. После подстановки значений получаем

$$t_{min} = \frac{t_{max}}{k_{y_{max}}} = \frac{203,125}{3,070} = 66,164 \quad \text{ч}, \quad t_{max} = \frac{t_{min}}{k_{y_{min}}} = \frac{151,163}{1,839} = 82,198 \quad \text{ч}.$$

Для точного получения износа выбираем максимальное время для испытания, округлив значение до десятых, получаем соответственно время 82,2 ч. Помимо контролирования геометрических параметров в конце исследования, также для отслеживания динамики износа, необходимо проводить промежуточные измерения геометрических параметров. Поэтому измерение геометрических параметров проводились через каждые 2 ч 17 мин (18,06 га), это время соответствует промежутку, через которое проводится текущее техническое обслуживание стенда, а измерение механических свойств осуществляется также, после наработки 82,2 ч или же по другому 82 ч 12 мин (650 га).

Для получения результатов приближенных к результатам, если бы диски устанавливались на сеялку, создаем условия для испытания дисков, те же, что и полевые, что регламентируются следующими документами это ГОСТ 31345-2007 и ГОСТ 26244-84:

- твердость почвы 0,6-0,9 МПа, влажность почвы 0-13 %;
- глубина заделки семян 3-8 см, принимаем наибольшую и соответственно наиболее распространенную 80 мм, с отклонением ± 1 см [26, 27]; учитывая, что диски устанавливаются в дисковом сошнике под углом друг другу 18 ° соответственно 9 ° с одной стороны, то глубина заглибления диска $8,097 \approx 8,1$ см;
- не допускается наличие комков почвы и камней размером более 10 см по наибольшей стороне или диаметру, обработанный слой почвы должен быть разрыхленным и мелковатым, в обработанном слое допускаются комки почвы размером по наибольшему диаметру до 2,5 см не более 80 %, а от 5 до 10 см не более 10 %;
- высота гребней – 0...4 см;
- сорные растения должны быть подрезаны, наличие неподрезанных сорных растений на поверхности поля не допускается.

Абсолютным отклонением по глубине дисков и коэффициентом вариации можно пренебречь, так как диски размещаются на общей оси. Также можно пренебречь наличием необработанных полос участков (огрехов) на поле, подготовлен-

ном для посева, так как испытания производятся на стенде, а не в полевых условиях. По такому же принципу исключаем из исследования микрорельеф почвы.

В нашем исследовании, ориентируясь на состав глинистых и тяжелосуглинистых разновидностей Белгородской области, создаем абразивную среду в виде смеси почвы с поля – это 80 % почвы и 20 % песка (ГОСТ 2138-91), соответственно абразивный материал для подсыпания имеет ту же структуру. Сам абразивный материал представлен в виде чернозема типичного, который формируется в лесостепной зоне на лёссовидных и покровных суглинках.

Результаты и их анализ. Во время предварительных испытаний дисков сошников на износ обнаружено, что с течением времени уровень земли в стенде контролируется по специальной линии, нанесенной внутри ящика, меняется в меньшую сторону, что часть земли из ящика стенда во время работы покидает его, превращаясь в пыль. Соответственно, чем больше наработка дисков в стенде, тем выше процент пыли в абразивном материале, соответственно возникла потребность в подсыпании абразивного материала, для частичного его замещения и поддержания физико-механических свойств на заданном уровне. Опытным путем было выявлено, что в среднем необходимо подсыпать объем $V=944 \text{ см}^3$, но встал вопрос через какой промежуток времени необходимо проводить досыпание, так как опытным путем точное время определить не удалось.

Почва для исследования бралась из поля (обработка под посев), а затем из стенда (почва с поля прошедшая через стенд), почва просеивалась через сито диаметром 1 мм, чтобы определить объем тех или иных частиц в емкости. Диаметр 1 мм соответствует абразивному материалу, воздействию при эксплуатации на рабочие органы сельскохозяйственных машин для оценки износостойкости по ГОСТ 23.208-79.

Соответственно исследование проводилось при трехкратной повторности следующим образом: а) почва бралась из поля и просеивалась через сито (строка № 0); б) почва бралась из поля, насыпалась в стенд и затем после 5 минут, 10 минут, 15 минут, 20 минут, 25 минут и 30 минут бралась со стенда и просеивалась через сито (строки № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, № 6). Полученные результаты исследования по почве представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные замеров по почве

№	Масса общая, грамм	Объем просеянной почвы, см^3	Масса просеянной почвы, грамм	Объем непросеянной почвы, см^3	Масса непросеянной почвы, грамм	Соотношение общей массы почвы к просеянной, %
1	2	3	4	5	6	7
0	902	248	277	696	625	30,7
1	953	311	378	633	575	39,7
2	941	368	462	576	479	49,1
3	1065	457	565	487	500	53,1
4	1073	511	660	433	413	61,5
5	1096	551	756	393	340	70,0
6	1116	617	826	327	290	74,0

Анализ таблицы 1 показывает, что:

1) общая масса почвы по истечению времени работы на стенде от 0 до 30 минут при постоянном объеме $V=944 \text{ см}^3$ в целом увеличивается, отрезок 5-10 минут можно назвать переходным, так как масса земли на этом промежутке меняется незначительно;

2) объем просеянной почвы по истечению времени работы на стенде от 0 до 30 минут во всех точках времени растет;

3) масса просеянной почвы по истечению времени работы на стенде от 0 до 30 минут во всех точках времени растет;

4) объем непросеянной почвы по истечению времени работы на стенде от 0 до 30 минут во всех точках времени падает;

5) масса непросеянной почвы по истечению времени работы на стенде от 0 до 10 минут падает, затем на 15 минутах возрастает, а от 20 до 30 снова падает;

6) по соотношению общей массы почвы к просеянной, по истечению времени работы на стенде от 0 до 30 минут, наблюдается рост.

В целом по таблице 1 мы можем видеть, что происходит изменение комков почвы в сторону уменьшения их диаметра и соответственно вытеснения воздуха за счет более плотного прилегания частиц между собой при одном и том же объеме, а увеличение и уменьшение массы, которая выбивается из общей картины, прослеживается и в других работах.

Аналогичные изменения наблюдаются при различных способах обработки почвы, при различной глубине от 0 до 30 см: плугом ПН 5-35, комбинированным почвообрабатывающим агрегатом КАО-2 или универсальной несущей системой УНС-3, плотность одной и той же почвы различна. Так, под озимую пшеницу при применении УНС-3 и ПН 5-35 плотность уменьшается, а при применении КАО-2 плотность увеличивается. То есть, плотность как скалярная физическая величина, показывающая, чему равна масса вещества, взятого в объеме, а соответственно и сама масса, может то увеличиваться, то уменьшаться, нет постоянных закономерностей [28].

Для анализа и оценки изменения массы общей, непросеянной и просеянной почвы и нахождения времени подсыпания почвы в стенд по данным таблицы 1 построена графическая интерпретация (рисунок 2).

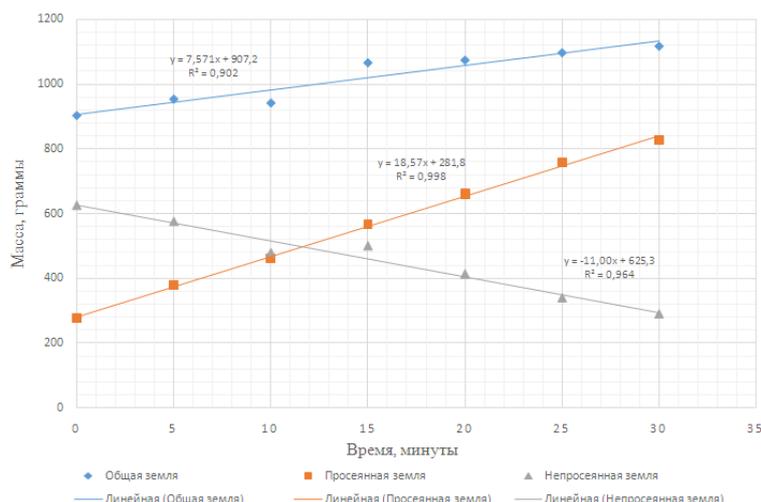


Рис. 2 – Изменение массы почвы в зависимости от времени

На рисунке 2 представлена графическая интерпретация изменения общей массы почвы, просеянной и непросеянной массы почвы с течением времени, из которой мы можем видеть, что величина достоверности аппроксимации (R^2) находится в диапазоне от 0,902 до 0,998, что свидетельствует о точности теоретического распределения, описывающего реальное распределение уравнениями:

- для массы общей почвы (ОП) $m_{ОП} = 7,57t + 907,20$, (10)

- для массы просеянной почвы (ПП) $m_{ПП} = 18,57t + 281,80$, (11)

- для массы непросеянной почвы (НП) $m_{НП} = -11,00t + 625,30$. (12)

Приравняв два уравнения массу просеянной и массу непросеянной земли и решив эти уравнения, найдено время $t = 11,61$ мин, при которой данные уравнения имеют общее решение. Точка пересечения и является временем подсыпания, так называемым балансом, при котором формируется состав почвы 50 % частиц в диаметре более 1 мм и 50 % частиц в диаметре менее 1 мм.

Следовательно, во время проведения исследования по износу дисков серийных и опытных требуется подсыпание земли через каждые 11,61 мин объемом $V=944 \text{ см}^3$. Это необходимо для поддержания постоянного объема земли в ящике стенда и для постепенного её обновления.

Выводы и перспективы исследований. На основании приведенных выше рассуждений можно сделать следующие выводы:

- 1) сформирована программа для испытания серийных и опытных дисков;
- 2) установлены условия работы дисков сошников в стенде для создания имитации работы дисков в полевых условиях и определены геометрических параметры: внешний диаметр диска D (мм), толщина диска δ (мм), длина фаски режущей кромки диска l (мм), угол заточки диска α (град) и механические свойства – твердость диска, HRC;
- 3) определено время работы дисков на стенде 82,2 ч, что соответствует пройденным 650 га сеялкой в полевых условиях;
- 4) получены уравнения зависимости изменения почв и время подсыпания абразивного материала в стенд 11,61 минут объемом $V=944 \text{ см}^3$.

Библиография

1. Распоряжение Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. №3684-р Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в РФ на долгосрочный период (2021-2030 гг.). Правительство Российской Федерации: официальный сайт. Москва. URL: <http://government.ru> (дата обращения: 10.05.2024).
2. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф., Пастухов А.Г. Бионические основы конструирования молотильно-сепарирующих систем для початков кукурузы: монография. п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. 168 с.
3. Бахарев Д.Н., Пастухов А.Г., Вольвак С.Ф., Бурнукин А.Е. Научные основы совершенствования технологии точной обработки кукурузы в початках: монография. п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. 188 с.
4. Вольвак С.Ф., Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н., Добрицкий А.А. Научные основы совершенствования технологических процессов и технических средств приготовления кормов для сельскохозяйственных животных и птицы: монография. п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2022. 193 с.
5. Молоко в питании детей и взрослых благоприятные эффекты и потенциальный риск. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/moloko-v-pitanii-detey-i-vzroslyh-blagopriyatnye-effekty-i-potentsialnyy-risk/viewer> (дата обращения 20.05.2024).
6. Потребление мяса в Российской Федерации и прогноз до 2030 года. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/potreblenie-myasa-v-rossiyskoj-federatsii-i-prognoz-do-2030-goda/viewer> (дата обращения 20.05.2024).
7. Heege H.J. Zukunftsperspektiven in der Landwirtschaft. Zeitschrift fur Agrarpolitik und Landwirtschaft, Hrsg. : BMELF, Berlin. 1989 Bd. 66, С. 416–439.
8. Heege H.J. Hofnahes Mischen von Dungemitteln und der teilflächenspezifische Landbau / Zeitschrift fur Agrarpolitik und Landwirtschaft : Landwirtschaftsverlag. 2001, Bd. 79, С. 50–75.
9. Волков М.И. Влияние изменения диаметра диска сошника на глубину заделки семян зерновых / М. И. Волков, А. Г. Пастухов // Проблемы технического сервиса в АПК: сборник научных трудов. Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. С. 164–169.
10. 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. EDN YLPRMP.

11. Михальченков А.М. Оборудование и методика проведения ускоренных сравнительных испытаний на износостойкость сталей, эксплуатируемых в почвенной среде / А. М. Михальченков, В. А. Денисов, А. А. Новиков // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 5. С. 46–48.
12. Филин Ю.И. Повышение ресурса лемехов применением покрытий из абразивостойкого эпоксидно-песчаного композита: дис. канд. техн. наук. Брянск, 2020. 164 с.
13. Михальченков А.М. Износостойкость композита на основе эпоксидной смолы с наполнителем из металлоотходов заточки инструмента / А. М. Михальченков // Ремонт, восстановление, модернизация. 2016. № 7. С. 29–33.
14. Серов Н.В. Упрочнение плоских рабочих органов сельскохозяйственной техники электроконтактной пайкой металлической ленты: дис. канд. техн. наук. Москва, 2017. 170 с.
15. Нотов Р.А. Обеспечение работоспособности двухдисковых сошников зерновых сеялок на почвах различной влажности: дис. канд. техн. наук. Ставрополь, 2020. 170 с.
16. Кравченко И.Н. Исследование износостойкости плазменных покрытий в абразивной среде / И. Н. Кравченко, А. В. Коломейченко, Р. Ю. Соловьев, И. Е. Пупавцев, А. А. Коломейченко // Ремонт, восстановление, модернизация. 2016. № 10. С. 9–10.
17. Годжаев З.А. Износостойкость и трибологические свойства наноструктурированных композитов, полученных методом МДО / З. А. Годжаев, С. Д. Зайцев, О. В. Сомов, И. В. Суминов // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. С. 38–41.
18. Кроха В.А. Холодная пластическая деформация металлов как метод повышения их износостойкости / В. А. Кроха // Ремонт, восстановление, модернизация. 2010. № 4. С. 23–30.
19. Кисель Ю.Е. Повышение износостойкости деталей машин композиционными электрохимическими покрытиями / Ю. Е. Кисель, Г. В. Гурьянов, П. Е. Кисель // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 10. С. 39–42.
20. Тилабов Б.К. Получение износостойких покрытий на поверхностях рабочих органов / Ю. Е. Кисель, Б. К. Тилабов, А. А. Мухамедов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002. № 10. С. 42–44.
21. Волков М.И. Стенд для испытания дисков на износостойкость / М. И. Волков, А. Г. Пастухов // Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции: Материалы XV Всероссийского научно-практического семинара. Орел : Издательство «Картуш», 2021. С. 81–86.
22. Сеялка СЗ-3,6. URL: <https://agroservers.ru/b/seyalka-sz-3-6-423099.html> (дата обращения 27.05.2024).
23. Лисецкий Ф.Н. Изменение структурного состояния почв при различиях в почвенно-климатических условиях и истории землепользования / Ф. Н. Лисецкий, О. А. Маринина, М. Е. Родионова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 15, 2013. № 3(3). С. 998–1002.
24. Пастухов А.Г. Исследование износа дисковых сошников сеялки СЗТ-3,6А / А. Г. Пастухов, И. Н. Кравченко, М. И. Волков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 3. С. 55–68.
25. Сеялка СЗТ-3,6. URL: <https://pspmoskva.ru/product/seyalka-szt-3-6/> (дата обращения 20.05.2024).
26. Глубина посева озимых зерновых культур. URL: <https://direct.farm/post/4664> (дата обращения 04.05.2024).
27. Болоев П.А. Оценка глубины заделки семян зерновых культур посевными комплексами / П. А. Болоев, Г. Н. Поляков, С. Н. Шуханов // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1. С. 45–50.
28. Рыков В.Б. Изменение плотности почвы при различных технологиях обработки почвы / В. Б. Рыков, С. И. Камбулов, И. А. Камбулов, С. Д. Ридный, В. В. Колесник, Е. Б. Дёмина // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 1. С. 38–42.

References

1. Decree of the Government of the Russian Federation dated December 31, 2020 № 3684-р On Approval of the Program of Fundamental Scientific Research in the Russian Federation for the Long-term Period (2021-2030) [Ob utverzhdenii Programmy fundamental'nyh nauchnyh issledovaniy v RF na dolgosrochnyj period (2021-2030 gg.)]. The Government of the Russian Federation: official website. Moscow. URL: <http://government.ru> (Accessed 10May 2024).
2. Bakharev D.N., Volvak S.F., Pastukhov A.G. Bionicheskie osnovy konstruirovaniya molotil'no-separiruyushchih sistem dlya pochatkov kukuruzy: monografiya [Bionic basis for the design of threshing and separating systems for corncobs]. Majskij : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. 168 s.
3. Bakharev D.N., Pastukhov A.G., Volvak S.F., Burnukin A.E. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya tekhnologii potочноj obrabotki kukuruzy v pochatkah [Scientific foundations of improving the technology of in-line processing of corn on the cob]: monografiya. p. Majskij, FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2021. 188 s.
4. Volvak S.F., Pastukhov A.G., Bakharev D.N., Dobrickij A.A. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh processov i tekhnicheskikh sredstv prigotovleniya kormov dlya selskhozajstvennyh zhivotnyh i pticy: monografiya [Scientific basis for improving technological processes and technical means for preparing feed for farm animals and poultry]. Majskij : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2022. 193 s.
5. Milk in the diet of children and adults beneficial effects and potential risk [Moloko v pitanii detej i vzroslyh blagopriyatnyy effect i potencial'nyj risk]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/moloko-v-pitanii-detey-i-vzroslyh-blagopriyatnyy-effekty-i-potentsialnyy-risk/viewer> (Accessed 20 May 2024).
6. Meat consumption in the Russian Federation and forecast to 2030 [Potreblenie myasa v Rossijskoj Federaciii prognoz do 2030 goda]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/potreblenie-myasa-v-rossijskoj-federatsii-i-prognoz-do-2030-goda/viewer> (Accessed 20 May 2024).
7. Heege H.J. Future Perspectives in Agriculture. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, ed.: BMELF, Berlin. 1989. Bd. 66, P. 416–439.
8. Heege H.J. Farm-related mixing of manure agents and the sub-area-specific agriculture. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft : Landwirtschaftsverlag. 2001, Bd. 79, P. 50–75.
9. Volkov M.I., Pastukhov A.G. The influence of a change in the diameter of the coulter disc on the depth of sealing grain seeds [Vliyaniye izmeneniya diametra diska soshnika na glubinu zadelki semyan zernovyh] // Problems of technical service in agriculture: a collection of scientific papers. Kinel : IBC Samara State University, 2021. P. 164–169.
10. Erokhin M.N. Ocenka iznosa krestovin sharnirov tipa CR115, primenyaemy'x v traktorax JOHN DEERE [Assessment of wear of the crosspieces of joints of type CR115 used in tractors JOHN DEERE] / M. N. Erokhin, A. G. Pastukhov, E. P. Timashov // Trudy' GOSNITI. 2017. T. 126. S. 14–21. EDN YLPRMP.

11. Mihal'chenkov A.M., Denisov V.A., Novikov A.A. Equipment and methods of accelerated comparative tests for wear resistance of steels operated in a soil environment [Oborudovanie i metodika provedeniya uskorenykh sravnitel'nykh ispytaniy na iznosostojkost' stalej, ekspluatiruemykh v pochvennoj srede] // Tractors and agricultural machinery. 2016. № 5. P. 46–48.
12. Filin Yu.I. Increasing the life of ploughshares by using coatings made of abrasive-resistant epoxy-sand composite: dis. candidate of Technical Sciences: 05.20.03 / Yu. I. Filin. BrynGAU. Bryansk, 2020. 164 p.
13. Mihal'chenkov A.M. Wear resistance of an epoxy resin-based composite with a filler from metal waste sharpening tools [Iznosostojkost' kompozita na osnove epoksidnoj smoly s napolnitelem iz metalloothodov zatochki instrumenta] // Repair, restoration, modernization. 2016. № 7. P. 29–33.
14. Serov N.V. Hardening of flat working bodies of agricultural machinery by electrocontact soldering of metal tape: dis. candidate of Technical Sciences: 05.20.03 / N. V. Serov MSHA. Moscow, 2017. 170 p.
15. Notov R.A. Ensuring the operability of two-disc coulters of grain seeders on soils of different humidity: dis. candidate of technical Sciences: 05.20.03 / R. A. Notov. DonGAU. Stavropol, 2020. 170 p.
16. Kravchenko I.N., Kolomejchenko A.V., Solov'ev R.Yu. Pupavcev I.E., Kolomejchenko A.A. Investigation of wear resistance of plasma coatings in an abrasive medium [Issledovanie iznosostojkosti plazmennyykh pokrytij v abrazivnoj srede] // Repair, restoration, modernization. 2016. № 10. P. 9–10.
17. Godzhaev Z.A., Zajcev S.D., Somov O.V., Suminov I.V. Wear resistance and tribological properties of nanostructured composites obtained by the MDO method [Iznosostojkost' i tribologicheskie svojstva nanostrukturirovannykh kompozitov, poluchennykh metodom MDO] // Tractors and agricultural machines. 2013. № 2. P. 38–41.
18. Kroha V.A. Cold plastic deformation of metals as a method of increasing their wear resistance [Holodnaya plasticheskaya deformaciya metallov kak metod povysheniya ihiznosostojkosti] / V. A. Krokha // Repair, restoration, modernization. 2010. № 4. P. 23–30.
19. Kisel' Yu.E., Gur'yanov G.V., Kisel' P.E. Increasing the wear resistance of machine parts with composite electrochemical coatings [Povyshenie iznosostojkosti detalej mashin kompozicionnym i elektrohimicheskimi pokrytiami] // Tractors and agricultural machinery. 2009. № 10. P. 39–42.
20. Kisel' Yu.E., Tilabov B.K., Muhamedov A.A. Obtaining wear-resistant coatings on the surfaces of working bodies [Poluchenie iznosostojkikh pokrytij na poverhnostyah rabochih organov] // Tractors and agricultural machines. 2002. № 10. P. 42–44.
21. Volkov M.I., Pastukhov A.G. Stand for testing discs for wear resistance [Stend dlya ispytaniya diskov na iznosostojkost'] // Resource-saving technologies in the storage and processing of agricultural products: Materials of the XV All-Russian scientific and practical seminar. Orel : Kartush Publishing House, 2021. P. 81–86.
22. Seeder SZ-3,6 [Seyalka SZ-3,6]. URL: <https://agrosver.ru/b/seyalka-sz-3-6-423099>. (Accessed 27 May 2024).
23. Liseckij F.N., Marinina O.A., Rodionova M.E. Changes in the structural state of soils with differences in soil and climatic conditions and land use history [Izmenenie strukturnogo sostoyaniya pochv pri razlichnykh v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh i istorii zemlepol'zovaniya] // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, vol. 15, 2013. № 3(3), P. 998–1002.
24. Pastukhov A.G. The study of wear of disc coulters of the SZT-3,6A seeder [Issledovanie iznosa diskovykh Soshnikov seyalki SZT-3,6A] / A. G. Pastukhov, I. N. Kravchenko, M. I. Volkov // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2019. № 3. P. 55–68.
25. Seeding machine-3.6 [Seyalka SZT-3,6]. URL: <https://pspmoskva.ru/product/seyalka-szt-3-6/> (Accessed 20 May 2024).
26. Depth of sowing of winter grain crops [Glubina poseva ozimyykh zernovykh kul'tur]. URL: <https://direct.farm/post/4664> (Accessed 4 May 2024).
27. Boloev P.A., Polyakov G.N., Shuhanov S.N. Assessment of the depth of seeding of grain crops by sowing complexes [Ocenka glubiny zadelki semyan zernovykh kul'tur posevnymi kompleksami] // Perm Agrarian Bulletin. 2016. № 1. P. 45–50.
28. Rykov V.B., Kambulov C.I., Kambulov I.A., Ridnyj C.D., Kolesnik V.V., Dyomina E.B. Changes in soil density with various technologies of tillage [Izmenenie plotnosti pochvy pri razlichnykh tekhnologiyah obrabotki pochvy] // Bulletin of the agroindustrial complex of Stavropol. 2016. № 1. P. 38–42.

Сведения об авторах

Волков Михаил Иванович, преподаватель кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, 10, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. 8-980-525-13-26, e-mail: volkov.mikhail2017@yandex.ru.

Information about authors

Volkov Mikhail Ivanovich, teacher at the department of technical mechanics and machinery design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova 1, 308503, Maisky, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8-980-525-13-26, e-mail: volkov.mikhail2017@yandex.ru.

УДК 631.363.22:62-111.1

С.Ф. Вольвак, В.И. Шаповалов

ОБОСНОВАНИЕ ВЗАИМОРАСПОЛОЖЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА СТЕБЕЛЬЧАТЫХ КОРМОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА

Аннотация. В настоящее время технологический процесс измельчения стебельчатых кормов в многоплоскостном горизонтальном измельчающем аппарате исследован недостаточно, и физическая сущность процесса остаётся слабоизученной. Целью исследований является обоснование взаиморасположения рабочих органов барабанного измельчающего аппарата стебельчатых кормов вертикального типа гибкого малогабаритного кормоприготовительного агрегата, а основной задачей – определение основных параметров режущей пары барабанного измельчающего аппарата стебельчатых кормов вертикального типа с многоплоскостной горизонтальной схемой резания, обеспечивающих его высокую техническую надёжность и производительность. Обоснованы взаиморасположение и основные параметры режущей пары, обеспечивающие высокую техническую надёжность рабочих органов и производительность разрабатываемого барабанного измельчающего аппарата: угол раствора – 24-30 °; зазор в режущей паре – 4,0-4,5 мм; шаг расстановки ножей и противорезов – 16 и 20 мм; толщина ножей – 6 мм; толщина противорезов – 2 мм; угол заточки ножей – 20-25 °; острота режущей кромки – 0,1-0,2 мм. Для улучшения условий усиления режущей кромки ножей твёрдым сплавом с целью повышения износостойкости и самозатачиваемости целесообразно использовать ножи с односторонней заточкой. Полученные результаты подтверждают выдвинутую гипотезу физической сущности процесса измельчения стебельчатых кормов и мировые научные тенденции развития конструкций современных измельчителей стебельчатых кормов. Универсальные многоплоскостные измельчающие аппараты стебельчатых кормов вертикального типа имеют существенные преимущества по энергоёмкости и производительности перед специальными и универсальными молотковыми измельчающими аппаратами стебельчатых кормов горизонтального типа. Результаты проведённых теоретических исследований целесообразно использовать при разработке рациональной конструктивно-технологической схемы гибкого малогабаритного кормоприготовительного агрегата.

Ключевые слова: гибкий малогабаритный кормоприготовительный агрегат, барабанный измельчающий аппарат стебельчатых кормов вертикального типа, многоплоскостная горизонтальная схема резания, взаиморасположение рабочих органов, параметры режущей пары.

SUBSTANTIATION THE RELATIVE POSITION OF THE WORKING BODIES OF A GRINDING MACHINE OF VERTICAL TYPE STALKED FEEDS

Abstract. Currently, the technological process of grinding stalked feed in a multi-plane horizontal grinding machine has not been studied enough, and the physics of the process remains poorly understood. The purpose of the research is to substantiate the relative position of the working bodies of the drum grinding machine of vertical type stalked feed flexible small-sized feed preparation unit, and the main task is to determine the main parameters of the cutting pair of the drum grinding machine of vertical type stalked feed with a multi-plane horizontal cutting scheme, ensuring its high technical reliability and productivity. The mutual location and main parameters of the cutting pair are justified, ensuring high technical reliability of the working bodies and productivity of the developed drum grinding machine: the angle of the solution is 24-30 °; the gap in the cutting pair is 4.0-4.5 mm; the pitch of the knives and counter-cuts is 16 and 20 mm; the thickness of the knives is 6 mm; the thickness of the counter-cuts is 2 mm; the sharpening angle of the knives is 20-25 °; the sharpness of the cutting edge is 0.1-0.2 mm. To improve the conditions for strengthening the cutting edge of knives with a hard alloy in order to increase wear resistance and self-sharpening, it is advisable to use knives with one-sided sharpening. The results obtained confirm the hypothesis put forward of the physical essence of the stalked feed grinding process and the global scientific trends in the development of designs of modern stalked feed grinders. Universal multi-plane grinding machine of vertical-type stalked feeds have significant advantages in terms of energy consumption and productivity over special and universal hammer grinding machine of horizontal-type stalked feeds. It is advisable to use the results of the theoretical studies carried out in the development of a rational design and technological scheme of a flexible small-sized feed preparation unit.

Keywords: flexible small-sized feed preparation unit, drum grinding machine of vertical type stalked feed, multi-plane horizontal cutting scheme, the relative position of the working bodies, the parameters of the cutting pair.

Введение. Основные приоритеты государственной политики в сфере развития агропромышленного комплекса установлены Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года [1], Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [2], Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации [3]. Ключевыми ориентирами развития являются обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации, развитие растениеводства и животноводства, развитие субъектов малого предпринимательства в агропромышленном комплексе [2].

Основные направления развития технического прогресса в механизации и автоматизации животноводства и инновационного развития техники представлены в Стратегии развития механизации и автоматизации животноводства на период до 2030 года и проекте Системы машин для подотраслей животноводства на период до 2030 года [4-6].

В проекте Системы машин предусмотрены технические средства, рекомендуемые для выполнения технологических процессов на объектах сельскохозяйственных организаций, крестьянских фермерских хозяйств (КФХ) и личных подсобных хозяйств (ЛПХ) [4, 5], значительное место занимают технические средства для механизации и автоматизации выполнения процессов при содержании крупного рогатого скота в ЛПХ [4].

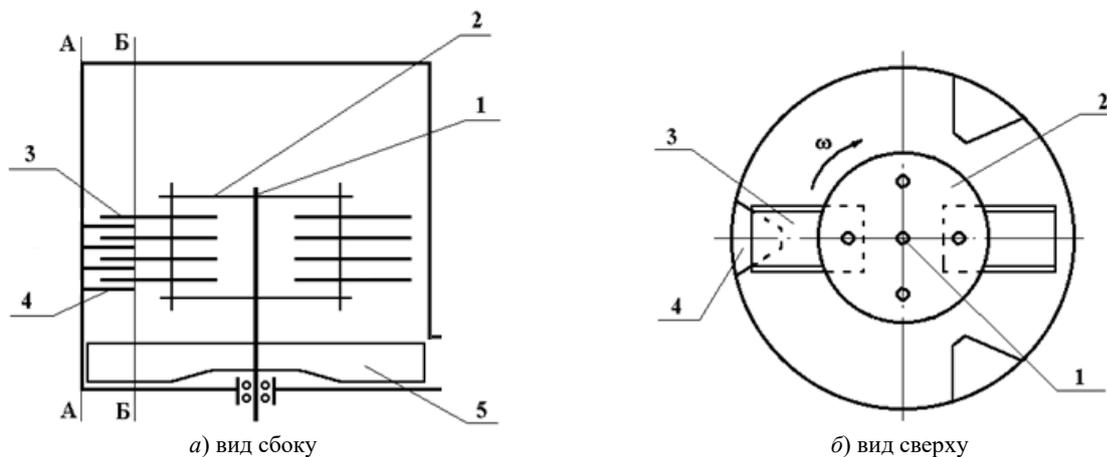
В настоящее время на решение продовольственного вопроса существенное влияние оказывает отрасль кормопроизводства, основной задачей которой является стабильное производство всех видов кормов с учётом энергосбережения и экономической эффективности животноводческих предприятий [7]. При этом важное значение имеет повышение технического уровня механизации процессов приготовления кормов, где значительное место занимает использование различных кормовых смесей с применением грубых стебельчатых кормов, так как они являются обязательным компонентом кормовых рационов большинства животных [8].

При подготовке кормов к скармливанию одной из основных и трудоёмких операций является измельчение их на частицы, соответствующие зоотехническим требованиям [8, 9], а это в свою очередь приводит к созданию большого количества способов измельчения, каждый из которых имеет свою теорию [9]. Эффективный измельчитель должен качественно измельчать различные по механико-технологическим свойствам виды и сорта растений [10]. Для измельчения грубых стебельчатых кормов наибольшее распространение получили специальные измельчители с ножевыми (соломосилосорезки, пастоизготовители) или штифтовыми (дизинтеграторы, дисмембраторы) рабочими органами, а также универсальные молотковые [11-13]. Перспективными являются измельчители с вертикальным расположением валов и многоплоскостной горизонтальной схемой барабанного режущего аппарата [7]. Анализ гибкости технических средств по приготовлению кормов, построение классификационной графовой модели потенциальной гибкости, формулирование основных принципов создания гибкой системы, построение модели функционирования многоплоскостного горизонтального измельчающего аппарата как задающей машины легли в основу разработки рациональной конструктивно-технологической схемы гибкого малогабаритного кормоприготовительного агрегата вертикального типа [14-16], способного адаптироваться на выполнение целесообразных технологических процессов по приготовлению различных кормов, в том числе концентрированных зерновых кормов и комбикормов.

Целью исследований является обоснование взаиморасположения рабочих органов барабанного измельчающего аппарата стебельчатых кормов вертикального типа гибкого малогабаритного кормоприготовительного агрегата, а основной задачей – определение основных параметров режущей пары барабанного измельчающего аппарата стебельчатых кормов вертикального типа с многоплоскостной горизонтальной схемой резания, обеспечивающих его высокую техническую надёжность и производительность.

Материал и методы исследований. На предварительном этапе решения поставленной технической задачи по обоснованию взаиморасположения рабочих органов барабанного измельчающего аппарата стебельчатых кормов вертикального типа с многоплоскостной горизонтальной схемой резания проводился анализ технического объекта, технологий и конструктивно-технологических схем средств для измельчения стебельчатых кормов.

В работах [7, 16] предложена принципиальная схема разрабатываемого барабанного измельчающего аппарата грубых стебельчатых кормов с многоплоскостной горизонтальной схемой резания (рисунок 1), в которой «на центральном вертикальном вале 1 устанавливается измельчающий барабан 2, оснащённый шарнирными заточенными измельчающими ножами 3 молоткового типа, взаимодействующими с заточенными сегментными противорезами 4. Под барабаном на вале устанавливается лопастная швырляка 5, которая совместно с барабаном должна работать подобно вентилятору, создавая вихревой спиральный воздушный поток».



1 – вертикальный вал; 2 – измельчающий барабан с четырьмя осями подвеса ножей; 3 – измельчающий нож; 4 – сегментный противорез; 5 – лопастная швырляка

Рис. 1 – Схема барабанного измельчающего аппарата грубых стебельчатых кормов вертикального типа с многоплоскостной горизонтальной схемой резания

В работах [7, 16] после изучения физической сущности процесса измельчения стебельчатых кормов и действующих сил на измельчаемый стебельчатый материал в исследуемом измельчающем аппарате вертикального типа, равномерного распределения в пространстве и траектории движения измельчаемого стебельчатого материала в приёмной и измельчающей камерах, технологического процесса отбора и измельчения стебельчатого материала было предположено, что «при взаимодействии рабочих органов горизонтального многоплоскостного измельчающего аппарата в момент резания на противорезе стебли расположатся между плоскостями А–А и Б–Б (рисунок 1, а) и в этой зоне будет больше длинных стеблей, так как ограничивающие плоскости не позволят им расположиться иначе. Ограничивающей плоскостью А–А является внутренняя поверхность измельчающей камеры, а плоскость Б–Б существует условно и образуется под действием воздушного потока и центробежных сил вращающегося барабана. В момент резания стебли прижимаются к неподвижным сегментам, создающим противорезущий подпор. Вследствие этого стебли будут придерживаться на сегментах, что приведёт к их переориентации».

В работах [7, 16] в целом были сформулированы гипотеза физической сущности процесса измельчения стебельчатых кормов в исследуемом измельчающем аппарате вертикального типа и предположения, что «под действием всех сил частицы материала будут ориентироваться и двигаться в потоке по винтовой линии вдоль внутренней цилиндрической поверхности камеры измельчения, постепенно опускаясь вниз; окончательно материал будет ориентироваться на противорезах, которые будут придерживать стебли и стремиться расположить их параллельно оси вращения барабана, что создаст лучшие условия для их перерезания; применение режущей пары, состоящей из самозатачивающихся ножей и сегментных противорезов, позволит заменить более энергоёмкие процессы разрушения стеблей изгибом и разрывом в основном на менее энергоёмкий процесс с преобладанием ударного скользящего резания; при работе лопастной швырляки за счёт всасывающего эффекта в

приёмной и измельчающей камерах будут интенсифицироваться процессы подачи и измельчения материала, а в выгрузной камере воздушный поток будет способствовать более надёжной транспортировке и выгрузке измельчённого корма».

Методы проведения анализа технических средств по приготовлению кормов основывались на принципах системного подхода. При анализе структуры выявлялись состав элементов, способы их взаимосвязей и множество всех возможных состояний гибкого малогабаритного кормоприготовительного агрегата с измельчающим аппаратом грубых стебельчатых кормов вертикального типа как задающей машины, способным адаптироваться на выполнение целесообразных технологических процессов по приготовлению различных кормов, в том числе концентрированных зерновых кормов и комбикормов. При этом применялись методы структурирования, моделирования и проектирования технического объекта; анализа, классификации и выбора рабочих органов и конструктивно-технологических схем; построения принципиальной схемы измельчающего аппарата с многоплоскостной горизонтальной схемой резания грубых стебельчатых кормов.

Результаты исследований и их обсуждение. В работах [17-20] обоснованы рациональные параметры процесса энергоэффективного измельчения стебельчатых кормов и конструктивные параметры устройств для его осуществления, но этого недостаточно для достижения поставленных в нашей работе цели и задачи.

При проектировании барабанного измельчающего аппарата грубых стебельчатых кормов вертикального типа с многоплоскостной горизонтальной схемой резания [7, 16, 21, 22] возникает три варианта взаиморасположения ножа барабана и противореза: нож и противорез установлены параллельно друг другу, угол раствора режущей пары направлен в сторону оси измельчающего барабана и от неё – в сторону противореза.

При параллельной установке ножа и противореза измельчение стеблей будет происходить нормальными силами за счёт рубки. При установке режущей пары с направлением угла раствора в сторону противореза происходит не резание, а смятие материала. Это самая энергоёмкая схема с наиболее низким коэффициентом надёжности, так как при попадании твёрдых предметов возникают поломки ножа или противореза. При установке режущей пары с направлением угла раствора в сторону оси измельчающего барабана получается схема с минимальной энергоёмкостью, так как в этом случае происходит резание со скольжением, что позволяет защищать рабочие органы от поломок (твёрдый предмет в этом случае выталкивается внутрь камеры, а при выходе противореза из камеры предмет свободно проваливается вниз) [23].

В этом варианте процессу защемления способствуют силы воздействия спирального воздушного потока, создаваемого измельчающим барабаном и лопастной швырлялкой, и центробежные силы, прижимающие стебли к внутренней поверхности камеры измельчения и лезвию противореза. При использовании в качестве плосковращательного рабочего органа прямоугольного самозатачивающегося ножа, а в качестве противореза – стандартного сегмента (рисунок 2, а), угол раствора χ (защемления) режущей пары направлен в сторону оси измельчающего барабана, что обеспечивает скользящее резание материала. При этом нож воздействует на стебель с силой резания $F_{рез}$, нормальной к радиус-вектору r , нормальная сила N сжимает стебель и рубит, а касательная сила T перерезает его со скольжением.

Согласно авторам [24], касательная сила T равна:

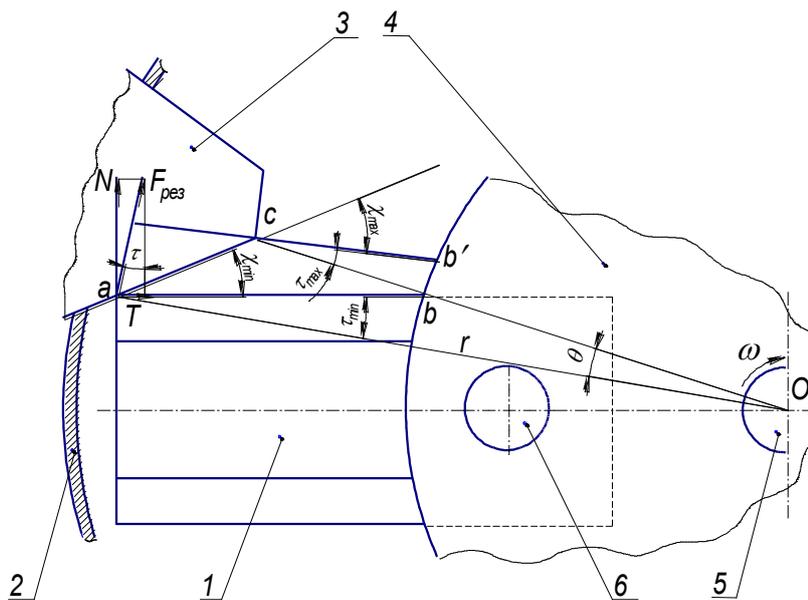
$$T = F_{рез} \cdot \sin \tau, \tag{1}$$

где τ – угол скольжения.

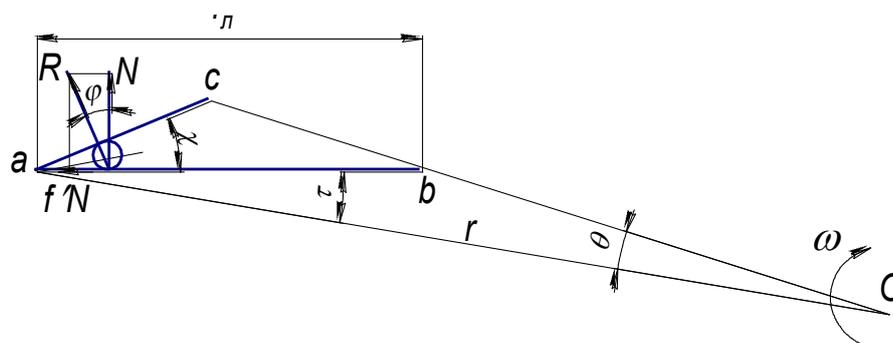
Как видно из рисунка 2, а, при повороте ножа на угол θ увеличивается угол скольжения от τ_{min} до τ_{max} , следовательно, увеличивается и касательная сила скользящего резания. Но при этом увеличивается и угол защемления от χ_{min} до χ_{max} , что нежелательно. Для обеспечения защемления стеблей при повороте ножа на угол θ (рисунок 2, б) необходимо выполнение условия [24]:

$$\chi_{max} \leq 2\varphi_{min}, \tag{2}$$

где φ_{min} – наименьший из углов φ_1 и φ_2 ; φ_1 – угол скользящего резания лезвия ножа по материалу; φ_2 – угол скользящего резания материала по лезвию противореза.



а) схема режущей пары при направлении угла раствора в сторону оси измельчающего барабана



б) схема защемлении стебля при повороте ножа на угол θ

- 1 – шарнирный заточенный нож молоткового типа; 2 – стенка камеры измельчения;
 3 – заточенный сегментный противорез; 4 – диск измельчающего барабана;
 5 – центральный вертикальный вал; 6 – палец

Рис. 2 – Схема к обоснованию взаиморасположения ножа барабана и противореза

Таким образом, с учётом результатов наших исследований и других авторов [24, 25] установлено, что угол раствора режущей пары целесообразно задавать в пределах 24-30°.

В режущих парах, расположенных перпендикулярно направлению подачи материала, резание обусловлено защемлением измельчаемого материала между лезвиями ножа и противореза, а процесс разрушения грубых кормов зависит от зазора в режущей паре.

Зазор в режущей паре имеет большое влияние на требуемое качество измельчения грубых кормов и энергетические показатели измельчающего аппарата. Оптимальная величина зазора для дисковых аппаратов составляет 0,5-1,0 мм, барабанных – 1,5-4,6 мм [25].

Барабанные измельчающие аппараты с шарнирными ножами по условиям надёжности рабочего процесса требуют увеличенного зазора в режущей паре [26], причём величина допустимого зазора в режущей паре пропорциональна скорости ножа, поэтому в скоростных измельчающих аппаратах оправдан выбор увеличенного зазора между лезвиями ножей и противорезающих элементов (рисунок 3).

Для осуществления стабильного резания скорость ножа должна быть выше скорости перемещения стебля в точке резания [26]:

$$V_n > \frac{3}{2} \cdot F_{рез} \cdot \Delta s \cdot \sqrt{\frac{l_s}{6 \cdot m_{AB} \cdot E \cdot I}} \quad (3)$$

где $F_{рез}$ – усилие резания стебля; Δs – зазор в режущей паре; l_s – расстояние между противорезающими элементами; m_{AB} – масса отрезка стебля, заключённого между противорезающими элементами; $E \cdot I$ – жёсткость стебля.

Из уравнения (3) следует, что требуемая скорость перерезания стеблей зависит от величины зазора в режущей паре. С уменьшением зазора требуемая скорость перерезания стеблей понижается, а степень измельчения повышается, и наоборот. При наличии увеличенного зазора нарушается нормальный процесс резания и повышаются энергозатраты за счёт изгиба, излома и смятия стеблей. С увеличением зазора в три раза энергоёмкость процесса повышается в 1,1-1,25 раза [27]. Однако это оправдывается тем, что повышается техническая надёжность рабочих органов измельчающего аппарата.

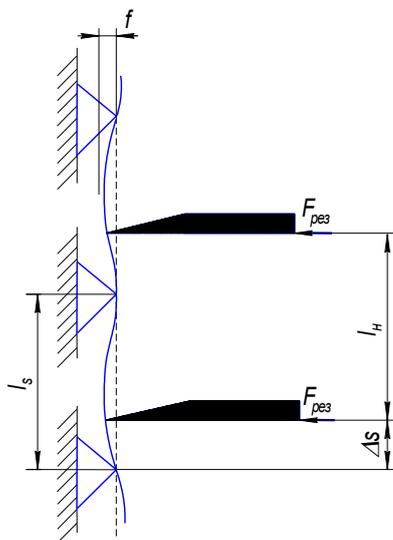


Рис. 3 – Схема к обоснованию зазора в режущей паре

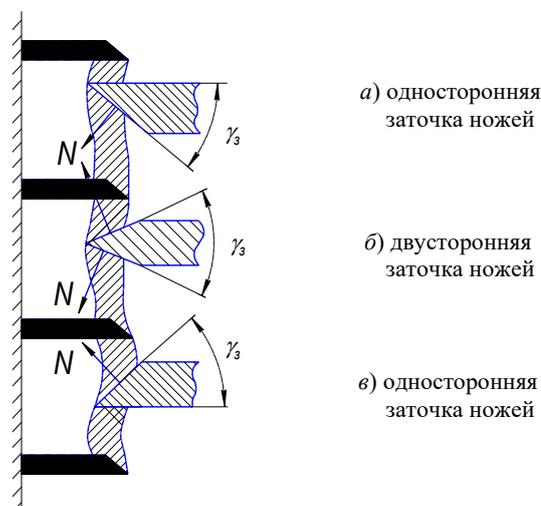


Рис. 4 – Схема к обоснованию заточки ножей

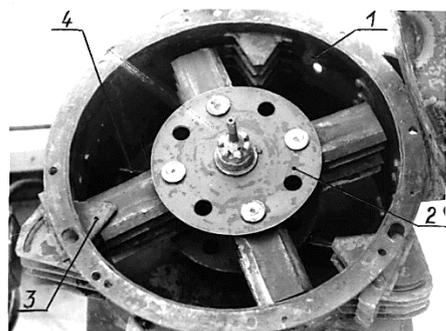
Уменьшение зазора позволяет получить качество измельчения увлажнённых кормов, отвечающее зоотехническим требованиям, хотя при этом увеличивается вероятность поломки ножей и противорезов при попадании в измельчающий аппарат посторонних твёрдых предметов.

Таким образом, для обеспечения высокой технической надёжности и исключения снижения производительности измельчающего аппарата рабочий зазор в режущей паре целесообразно устанавливать в пределах 4,0-4,5 мм при шаге расстановки ножей и противорезов – 16 и 20 мм и при толщине ножей и противорезов – 6 и 2 мм. В этом случае некоторое ухудшение качества измельчения грубых стебельчатых кормов можно компенсировать увеличением скорости резания. Регулирование зазора в режущей паре конструктивно выполняется перемещением каждого противорезающего сегмента, всего противорезающего блока, а также за счёт осевого смещения всего измельчающего барабана или ножей на осях подвеса. Оптимальным является регулирование зазора путём осевого перемещения измельчающего барабана, при этом шаг расстановки ножей и противорезов остаётся постоянным.

Для повышения износостойкости и самозатачиваемости режущих элементов измельчающего аппарата целесообразно использовать борирование режущей части ножей при нагреве токами высокой частоты (ТВЧ) [28]. При этом можно использовать в качестве материала ножа – сталь мартеновская МСт.3 ГОСТ 380-60, а упрочняющего слоя – борид железа и боридную эвтектику. Упрочнение тонколезвийной режущей части ножей осуществляется термо-диффузионным насыщением при нагреве ТВЧ при температуре 1000-1500 °С. Борирование режущей части позволит обеспечить износостойкость ножей и самозатачивание их режущей кромки в течение всего срока службы измельчающего аппарата – 8 лет.

Заточка ножей позволяет уменьшить сопротивление резанию примерно в 2 раза [27]. Поэтому при разработке измельчающего аппарата целесообразно оснащать его заточенными ножами с острой режущей кромкой 0,1-0,2 мм. При этом угол заточки лезвий ножей и противорезов должен находиться в пределах 20-25 ° [29].

С целью уменьшения изгибающих усилий на ножах барабана и противорезах можно использовать двустороннюю заточку ножей (рисунок 4, б), хотя при этом трудоёмкость изготовления ножей повышается в сравнении с односторонней заточкой (рисунок 4, а, в). При односторонней заточке ножей вопрос усиления режущей кромки твёрдым сплавом для повышения их долговечности и обеспечения самозатачиваемости технически решается проще в сравнении с двусторонней заточкой [29]. Поэтому более приемлемым вариантом является использование в измельчающем аппарате ножей с односторонней заточкой (рисунок 5).



1 – камера измельчения; 2 – измельчающий барабан с шарнирными самозатачивающимися ножами молоткового типа с односторонней заточкой; 3 – заточенный сегментный противорез; 4 – лопастная швырляка

Рис. 5 – Измельчающий аппарат с четырьмя осями подвеса ножей и введёнными противорезами



Рис. 6 – Общий вид гибкого малогабаритного кормоприготовительного агрегата с измельчающим аппаратом грубых стебельчатых кормов вертикального типа

Таким образом, полученные результаты подтверждают выдвинутую гипотезу физической сущности процесса измельчения стебельчатых кормов [7, 16] и мировые научные тенденции развития конструкций современных измельчителей стебельчатых кормов [11, 30, 31]. Перспективным научным направлением является разработка и создание гибких малогабаритных кормоприготовительных агрегатов с универсальным многоплоскостным измельчающим аппаратом грубых стебельчатых кормов вертикального типа как задающей машины (рисунки 5 и 6), имеющим существенные преимущества по энергоёмкости и производительности перед специальными и универсальными молотковыми измельчающими аппаратами стебельчатых кормов горизонтального типа. При этом проектируемый гибкий малогабаритный кормоприготовительный агрегат с измельчающим аппаратом стебельчатых кормов (трава, солома, сено, стебли кукурузы и т. п.) вертикального типа способен адаптироваться на выполнение целесообразных технологических процессов по измельчению зерновых кормов, корнеклубнеплодов, овощей, фруктов и кукурузных початков, лущению кукурузных початков, приготовлению комбикормов и др.

Выводы. На основании представленных выше материалов можно сделать следующие выводы.

1. В проектируемой конструктивно-технологической схеме гибкого малогабаритного кормоприготовительного агрегата с барабанным измельчающим аппаратом стебельчатых кормов вертикального типа и многоплоскостной горизонтальной схемой резания обоснован выбор варианта взаиморасположения измельчающего ножа и противореза с установкой режущей пары с направлением угла раствора в сторону оси измельчающего барабана, что обеспечивает скользящее резание измельчаемого материала.

2. Обоснованы основные параметры режущей пары, обеспечивающие высокую техническую надёжность рабочих органов и производительность барабанного измельчающего аппарата стебельчатых кормов вертикального типа с многоплоскостной горизонтальной схемой резания: угол раствора – 24-30 °; зазор в режущей паре – 4,0-4,5 мм; шаг расстановки ножей и противорезов – 16 и 20 мм; толщина ножей – 6 мм; толщина противорезов – 2 мм; угол заточки ножей – 20-25 °; острота режущей кромки – 0,1-0,2 мм.

3. Установлено, что для улучшения условий борирования режущей кромки с целью повышения износостойкости и самозатачиваемости целесообразно использовать ножи с односторонней заточкой.

4. Результаты проведённых теоретических исследований использованы при разработке рациональной конструктивно-технологической схемы гибкого малогабаритного кормоприготовительного агрегата с измельчающим аппаратом вертикального типа, способного адаптироваться на выполнение целесообразных технологических процессов по приготовлению различных кормов, в том числе концентрированных зерновых кормов и комбикормов.

5. На основании проведённых исследований разработан и выпущен опытными партиями гибкий малогабаритный кормоприготовительный агрегат ИУФ-1 [32].

Библиография

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. (с изменениями на 23 ноября 2023 года).
2. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия : постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 (с изменениями на 22 мая 2024 года).
3. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20.
4. Морозов Н.М., Морозов И.Ю. Инновационные направления механизации и автоматизации животноводства – основа повышения эффективности и качества продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clck.ru/UMnvj>.
5. Морозов Н.М., Морозов И.Ю. Система машин для животноводства и направления развития технического прогресса в отрасли // Техника и технологии в животноводстве. 2020. № 1(37). С. 4–13.
6. Морозов Н.М. Инновационные направления развития механизации и автоматизации животноводства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://clck.ru/UMnmr>.
7. Volvak S., Pastukhov A., Bakharev D., Dobrickiy A. Theoretical studies of technological process of grinding stalked feed // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. Jelgava, 2021. P. 831–836. DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF189. EDN VLJUQR.
8. Вольвак С.Ф., Бахарев Д.Н., Вертий А.А. Теоретические исследования измельчителя стебельчатых кормов с шарнирно подвешенными комбинированными ножами // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 3(11). С. 24–34. EDN YULRDJ.
9. Сабиров Б.М., Гомаа И.М., Мусин Р.Р. Анализ существующих теорий дробления зерна // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2019. С. 177–184. EDN AXXNCL.
10. Вольвак С.Ф., Бахарев Д.Н., Вертий А.А., Корчагина Е.Е. Теоретическое обоснование затрат мощности на измельчение стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 1(13). С. 23–32. EDN WIADHR.
11. Neal Yancey, Christopher T Wright & Tyler L Westover (2013) Optimizing hammer mill performance through screen selection and hammer design, Biofuels, 4:1, 85–94, DOI:10.4155/bfs.12.77.
12. Вольвак С.Ф., Шаповалов В.И. Исследование измельчающих аппаратов незерновой части урожая зерновых культур с шарнирной подвеской ножей на барабане // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2015. № 3(7). С. 9–16. EDN YRWZJR.
13. Шаповалов В.И., Вольвак С.Ф. Обоснование параметров измельчающего аппарата солоmistых продуктов с шарнирной подвеской ножей к зерноуборочному комбайну // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2023. № 2(38). С. 59–64. EDN ENOKCJ.
14. Вольвак С.Ф. Обоснование технологического процесса и параметров рабочих органов гибкого универсального малогабаритного кормоприготовительного агрегата в варианте измельчения грубых кормов : Дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 : защищена 03.06.1998 : утв. 11.11.1998 / Вольвак Сергей Федорович. Луганск : ЛСХИ, 1998. 244 с. EDN UKSZUV.
15. Вольвак С.Ф., Шаповалов В.И. Анализ гибкости технической системы по приготовлению кормов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 2(30). С. 18–26. EDN GIVLCSJ.
16. Вольвак С.Ф., Шаповалов В.И. Обоснование конструктивно-технологической схемы малогабаритного кормоприготовительного агрегата // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2024. № 1(41). С. 11–18. EDN GBZXBO.
17. Побединский В.М. Исследование процесса измельчения стебельчатых кормов и совершенствование параметров многоножевого дискового измельчающего аппарата : Дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Побединский Виктор Михайлович. Кишинев, 1975. 200 с.
18. Туманова М.И. Параметры измельчителя стебельных кормов с дисковым рабочим органом для малых ферм КРС : Дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Туманова Марина Ивановна. Краснодар. 2019. 179 с. EDN YZXRLV.
19. Китун А.В., Романович А.А. Энергоэффективные технологии и средства механизации подготовки зернофуража к скармливанию. Минск : Белорусский государственный аграрный технический университет, 2020. 156 с. ISBN 978-985-25-0048-7. EDN NOWJUT.
20. Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., Алферов А.С. Результаты экспериментальных исследований измельчения высушенных волокнистых растительных материалов // Инженерные технологии и системы. 2021. Т. 31, № 4. С. 591–608. DOI 10.15507/2658-4123.031.202104.591-608. EDN RUQNAD.
21. Вольвак С.Ф. Построение расчетной модели функционирования гибкой системы для приготовления кормов // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Луганськ : Видавництво ЛНАУ, 2003. № 31(43). С. 95–100. EDN WTJMRP.
22. Вольвак С.Ф. Обоснование взаиморасположения рабочих органов измельчающего аппарата стебельчатых кормов вертикального типа // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2007. № 76(99). С. 101–105. EDN WWDJTT.
23. Передня В.И. Механизация приготовления кормосмесей для крупного рогатого скота. Минск : Ураджай, 1990. 152 с.

24. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Ленинград : Колос, 1978. 560 с.
25. Завражнов А.И., Николаев Д.И. Механизация приготовления и хранения кормов. М. : Агропромиздат, 1990. 336 с.
26. Лузин В.А. Обоснование параметров рабочих органов аппарата для измельчения рисовой соломы : Дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Лузин Владимир Анатольевич. Мелитополь. 1986. 182 с.
27. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М. : Машиностроение, 1975. 311 с.
28. Поляков Б.Н., Шаповалов В.И. Повышение долговечности ножей измельчителя соломы ПУН-5 // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1978. № 12. С. 40–42. EDN XBVGZN.
29. Шаповалов В.И. Разработка, исследование и обоснование технологического процесса и параметров рабочих органов универсального устройства с измельчителем для уборки незерновой части урожая к зерноуборочному комбайну : Дис. ... канд. техн. наук : 05.02.13 / Шаповалов Виктор Иванович. Ростов-на-Дону, 1971. 233 с. EDN WFMOCJ.
30. Zewdu A.D., Solomon W.K. (2007). Moisture-dependent physical properties of tef seed. *Biosystems Engineering*, 96(1), 57–63, doi: 10.1016/j.biosystemseng. 2006.09.008.
31. Lisowski A., Swiatek K., Klonowski J., Sypuła M., Chlebowski J., Nowakowski T., Kostyra K., Struzyk A. Movement of chopped material in the discharge spout of forage harvester with a flywheel chopping unit: Measurements using maize and numerical simulation. *Biosystems Engineering*. 2012. vol. 111, Issue 4. Pp. 381–391.
32. Шаповалов В.И., Вольвак С.Ф. Механизация переработки кормовых и пищевых продуктов путем разработки гибкого малогабаритного передвижного агрегата. Монография. Луганск : Элтон–2, 2009. 213 с. ISBN 978-966-8827-83-9. EDN WNRWQJ.

References

1. Strategiya razvitiya agropromyshlennogo i rybohozyajstvennogo kompleksov Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda [Strategy for the development of agro-industrial and fisheries complexes of the Russian Federation for the period up to 2030] : rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 8 sentyabrya 2022 g. № 2567-р. (s izmeneniyami na 23 noyabrya 2023 goda).
2. Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya [The State Program for the Development of Agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food] : postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 14 iyulya 2012 g. № 717 (s izmeneniyami na 22 maya 2024 goda).
3. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii [The Doctrine of Food Security of the Russian Federation] : Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 21 yanvarya 2020 g. № 20.
4. Morozov N.M., Morozov I.Yu. Innovacionny'e napravleniya mexanizacii i avtomatizacii zhivotnovodstva – osnova povysheniya e'ffektivnosti i kachestva produkcii [Innovative directions of mechanization and automation of animal husbandry – the basis for improving the efficiency and quality of products]. *Elektronnyj resurs*. Rezhim dostupa: <https://clck.ru/UMnvj>.
5. Morozov N.M., Morozov I.Yu. Sistema mashin dlya zhivotnovodstva i napravleniya razvitiya texnicheskogo progressa v otrasli [The system of machines for animal husbandry and the directions of development of technical progress in the industry] // *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*. 2020. № 1(37). S. 4–13.
6. Morozov N.M. Innovacionny'e napravleniya razvitiya mexanizacii i avtomatizacii zhivotnovodstva [Innovative directions of development of mechanization and automation of animal husbandry]. *Elektronnyj resurs*. Rezhim dostupa : <https://clck.ru/UMnmr>.
7. Vol'vak S., Pastukhov A., Bakharev D., Dobrickiy A. Theoretical studies of technological process of grinding stalked feed // *Engineering for Rural Development* : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 maya 2021 goda. Jelgava, 2021. P. 831–836. DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF189. EDN VLJUQR.
8. Vol'vak S.F., Baharev D.N., Vertij A.A. Teoreticheskie issledovaniya izmel'chitelya stebel'chatyh kormov s sharnirno podveshennymi kombinirovannymi nozhami [Theoretical studies of the shredder stalked feed is pivotally suspended combined with knives] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2016. № 3(11). S. 24–34. EDN YULRDJ.
9. Sabirov B.M., Goma I.M., Musin R.R. Analiz sushchestvuyushchih teorij drobleniya zerna [Analysis of existing theories of grain crushing] // *Agrarnaya nauka XXI veka. Aktual'nye issledovaniya i perspektivy* : Trudy III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Kazan', 22 maya 2019 goda. Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019. S. 177–184. EDN AXXNCL.
10. Vol'vak S.F., Baharev D.N., Vertij A.A. Korchagina E.E. Teoreticheskoe obosnovanie zatrat moshchnosti na izmel'chenie stebel'chatyh kormov izmel'chitelem s sharnirno podveshennymi kombinirovannymi nozhami [Theoretical basis of costs for power feed grinding stalk shredders is pivotally suspended combined with knives] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2017. № 1(13). S. 23–32. EDN WIADHR.
11. Neal Yancey, Christopher T Wright & Tyler L Westover (2013) Optimizing hammer mill performance through screen selection and hammer design, *Biofuels*, 4:1, 85-94, DOI:10.4155/bfs.12.77.
12. Vol'vak S.F., Shapovalov V.I. Issledovanie izmel'chayushchih apparatov nezernovoj chasti urozhaya zernovykh kul'tur s sharnirnoj podveskoj nozhej na barabane [Study of grinding machines non-grain part of a harvest grains articulated with swivel suspension of knives on the drum] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2015. № 3(7). S. 9–16. EDN YRWZJR.
13. Shapovalov V.I., Vol'vak S.F. Obosnovanie parametrov izmel'chayushchego apparata solomistyh produktov s sharnirnoj podveskoj nozhej k zernouborochnomu kombajnu [Substantiation of the parameters of the shredding apparatus of straw products with a hinged suspension of knives for a combine harvester] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2023. № 2(38). S. 59–64. EDN ENOKCJ.
14. Vol'vak S.F. Obosnovanie tekhnologicheskogo processa i parametrov rabochih organov gibkogo universal'nogo malogabaritnogo kormopriготовitel'nogo agregata v variante izmel'cheniya grubyh kormov [Substantiation of the technological process and parameters of the working bodies of a flexible universal small-sized feed preparation unit in the variant of grinding coarse feed] : Dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.20.01 zashchishchena 03.06.1998 : utv. 11.11.1998 / Vol'vak Sergej Fedorovich. Lugansk : LSKHI, 1998. 244 s. EDN UKSZUV.
15. Vol'vak S.F., Shapovalov V.I. Analiz gibkosti tehnicheckoj sistemy po prigotovleniju kormov [Analysis of the flexibility of the technical system for the preparation of feed] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2021. № 2(30). S. 18–26. EDN GIVLCJ.

16. Volvak S.F., Shapovalov V.I. Obosnovanie konstruktivno-tehnologicheskoy skhemy malogabaritnogo kormoprigotovitel'nogo agregata [Substantiation of the design and technological scheme of a small-sized feed preparation unit] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2024. № 1(41). S. 11–18. EDN GBZXBO.

17. Pobedinskij V.M. Issledovanie processa izmel'cheniya stebel'chatyh kormov i sovershenstvovanie parametrov mnogo-nozhevogo diskovogo izmel'chayushchego apparata [Investigation of the process of crushing stalked feeds and improvement of the parameters of a multi-legged disc shredding apparatus] : Dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.20.01 / Pobedinskij Viktor Mihajlovich. Kishinev, 1975. 200 s.

18. Tumanova M.I. Parametry izmel'chatelya stebel'nyh kormov s diskovym rabochim organom dlya malyh ferm KRS [Parameters of a stem feed shredder with a disc working body for small cattle farms] : Dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.20.01 / Tumanova Marina Ivanovna. Krasnodar. 2019. 179 s. EDN YZXRLV.

19. Kitun A.V., Romanovich A.A. Energoeffektivnye tekhnologii i sredstva mekhanizacii podgotovki zernofurazha k skarmlivaniyu [Energy-efficient technologies and means of mechanization of grain forage preparation for feeding]. Minsk : Belorusskij gosudarstvennyj agrarnyj tekhnicheskij universitet, 2020. 156 s. ISBN 978-985-25-0048-7. EDN NOWJUT.

20. Braginec S.V., Bahchevnikov O.N., Alferov A.S. Rezultaty eksperimental'nyh issledovanij izmel'cheniya vysushennyh voloknistyh rastitel'nyh materialov [Results of experimental studies of grinding of dried fibrous plant materials] // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. 2021. T. 31, № 4. S. 591–608. DOI 10.15507/2658-4123.031.202104.591-608. EDN RUQNAD.

21. Volvak S.F. Postroenie raschetnoj modeli funkcionirovaniya gibkoj sistemy dlya prigotovleniya kormov [Construction of a computational model of the functioning of a flexible system for the preparation of feed] // Zbirk naukovih prac' Lugans'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Seriya: Tekhnichni nauki. Lugans'k : Vidavnicтво LNAU, 2003. № 31(43). S. 95–100. EDN WTJMRF.

22. Vol'vak S.F. Obosnovanie vzaimoraspolzheniya rabochih organov izmel'chayushchego apparata stebel'chatyh kormov vertikal'nogo tipa [Substantiation of the relative position of the working bodies of the grinding apparatus of vertical stem feeds] // Zbirk naukovih prac' Lugans'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Seriya: Tekhnichni nauki. 2007. № 76(99). S. 101–105. EDN WWDJTT.

23. Perednya V.I. Mekhanizaciya prigotovleniya kormosmesej dlya krupnogo rogatogo skota [Mechanization of preparation of feed mixtures for cattle]. Minsk : Uradzhaj, 1990. 152 s.

24. Mel'nikov S.V. Mekhanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodcheskih ferm [Mechanization and automation of livestock farms]. Leningrad : Kolos, 1978. 560 s.

25. Zavrazhnov A.I., Nikolaev D.I. Mekhanizaciya prigotovleniya i hraneniya kormov [Mechanization of feed preparation and storage]. M. : Agropromizdat, 1990. 336 s.

26. Luzin V.A. Obosnovanie parametrov rabochih organov apparata dlya izmel'cheniya risovoj solomy [Substantiation of the parameters of the working bodies of the apparatus for grinding rice straw] : Dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.20.01 / Luzin Vladimir Anatol'evich. Melitopol'. 1986. 182 s.

27. Reznik N.E. Teoriya rezaniya lezviem i osnovy rascheta rezhushchih apparatov [The theory of cutting with a blade and the basics of calculating cutting devices]. M. : Mashinostroenie, 1975. 311 s.

28. Polyakov B.N., Shapovalov V.I. Povyshenie dolgovechnosti nozhej izmel'chatelya solomy PUN-5 [Increasing the durability of the knives of the straw chopper PUN-5] // Mekhanizaciya i elektrifikaciya socialisticheskogo sel'skogo hozyajstva. 1978. № 12. S. 40–42. EDN XBVGZV.

29. Shapovalov V.I. Razrabotka, issledovanie i obosnovanie tekhnologicheskogo processa i parametrov rabochih organov universal'nogo ustrojstva s izmel'chitelem dlya uborki nezernovoj chasti urozhaya k zernouborochnomu kombajnu [Development, research and justification of the technological process and parameters of the working bodies of a universal device with a shredder for harvesting the non-grain part of the crop to a combine harvester] : Dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.02.13 / Shapovalov Viktor Ivanovich. Rostov-na-Donu, 1971. 233 s. EDN WFMOJ.

30. Zewdu A.D., Solomon W.K. (2007). Moisture-dependent physical properties of tef seed. Biosystems Engineering, 96(1), 57–63, doi: 10.1016/j.biosystemseng. 2006.09.008.

31. Lisowski A., Swiatek K., Klonowski J., Sypuła M., Chlebowski J., Nowakowski T., Kostyra K., Struzyk A. Movement of chopped material in the discharge spout of forage harvester with a flywheel chopping unit: Measurements using maize and numerical simulation. Biosystems Engineering. 2012. vol. 111, Issue 4. Pp. 381–391.

32. Shapovalov V.I., Vol'vak S.F. Mekhanizaciya pererabotki kormovyh i pishchevyh produktov putem razrabotki gibkogo malogabaritnogo peredvizhnogo agregata [Mechanization of feed and food processing by developing a flexible small-sized mobile unit]. Monografiya. Lugansk : Elton–2, 2009. 213 s. ISBN 978-966-8827-83-9. EDN WNRWQJ.

Сведения об авторах

Вольвак Сергей Федорович, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7472239-12-80, e-mail: volvak.s@yandex.ru.

Шаповалов Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Луганский ГАУ, городок ЛГАУ 1, г. Луганск, ЛНР, 291008.

Information about author

Volvak Sergey Fedorovich, candidate of technical sciences, professor, 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 Agrarian University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7472239-12-80, e-mail: volvak.s@yandex.ru.

Shapovalov Viktor Ivanovich, doctor of technical sciences, professor, senior scientific researcher, professor of the department of agricultural machinery, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk State Agrarian University named after K. Voroshilov», the town of LGAU 1, Lugansk, LPR, 291008.

УДК 631.563.2

А.С. Горлов, Г.Н. Аверьянов

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ЕСТЕСТВЕННОЙ СУШКИ КУКУРУЗЫ В ПОЧАТКАХ

Аннотация. В статье рассматривается процесс естественной сушки кукурузы в початках. Организация процесса сушки зерновых культур является важным этапом в дальнейшем использовании этих культур (для приготовления кормов животных, для кулинарных изделий, для подготовки семенного материала). В каждом случае необходимо соблюдать технологические условия сушки, чтобы зерно отвечало нужным качествам. При естественной сушке кукурузы не нарушаются биохимические процессы в зерне, что влияет на качество всхожести, развития и созревания культуры. В работе приводятся результаты двух экспериментов по сушке кукурузы. Для первого использовались початки сахарной кукурузы, собранной 3 сентября 2023 г., второй эксперимент проводился с початками сахарной кукурузы, собранной 28 сентября 2023 г., причём для второго эксперимента процесс рассматривается как в целых початках, так и в нарезанном кольцами виде. Отобранный материал взвешивали на электронных весах в течение 20 суток. Процесс сушки проходил в условиях естественной влажности помещения в диапазоне температур 17-25 °С. Одним из важных показателей, характеризующих качество кукурузных початков, является отношение масс семян и столбиков, поэтому высушенные початки облущили и провели раздельное взвешивание семян и столбиков. В результате получили, что масса семян составляет 71,42 %, а масса столбиков – 28,58 %. В момент сбора значения масс были равны 40 % и 60 % соответственно. В производимом наблюдении обращается внимание на деформацию зёрен. На основании полученных экспериментальных результатов были составлены функции изменения относительной массы и построены графики изменения относительной массы исследуемых образцов сахарной кукурузы. Результаты проведенных исследований можно использовать при организации процесса сушки кукурузных початков как в естественных условиях, так и в сушильных камерах нагретым потоком воздуха.

Ключевые слова: естественная сушка, сушка сыпучих материалов, сушка кукурузы, влажность кукурузы, дифференциальное уравнение изменения массы.

DESCRIPTION OF THE PROCESS OF NATURAL DRYING OF CORN COBS

Abstract. The article discusses the process of natural drying of corn on the cob. Organizing the process of drying grain crops is an important step in the further use of these crops (for the preparation of animal feed, for culinary products, for the preparation of seed material). In each case, it is necessary to comply with the technological conditions of drying so that the grain meets the required qualities. During natural drying of corn, the biochemical processes in the grain are not disrupted, which affects the quality of germination, development and maturation of the crop. The paper presents the results of two experiments on drying corn. For the first, cobs of sweet corn harvested on September 3, 2023 were used, the second experiment was carried out with cobs of sweet corn harvested on September 28, 2023, and for the second experiment, the process is considered both in whole cobs and in ring-cut form. The selected material was weighed on electronic scales for 20 days. The drying process took place under natural room humidity conditions in the temperature range of 17-25 °C. One of the important indicators characterizing the quality of corn cobs is the ratio of the masses of seeds and columns, therefore the dried cobs were husked and the seeds and columns were weighed separately. As a result, we found that the mass of the seeds is 71.42 %, and the mass of the columns is 28.58 %. At the time of collection, the mass values were 40 % and 60 %, respectively. In the observation made, attention is drawn to the deformation of grains. Based on the experimental results obtained, functions of changes in relative mass were compiled and graphs of changes in the relative mass of the studied samples of sweet corn were constructed. The results of the research can be used when organizing the process of drying corn cobs both in natural conditions and in drying chambers with a heated air flow.

Keywords: natural drying, drying of bulk materials, drying of corn, moisture content of corn, differential equation for mass change.

Введение. Процесс сушки сыпучих или дисперсных материалов встречается во многих отраслях промышленности. Целью процесса сушки является доведение влажности материала до определенного значения, которое позволяет осуществлять дальнейшие технологические операции с высушенным материалом.

Процесс сушки сельскохозяйственных культур: пшеницы, кукурузы, гороха и т.д. имеет свои особенности. Необходимо соблюдать температурный режим сушки, который будет отвечать условиям дальнейшего использования семян этих культур. При сильном нагреве зерна жидкая фаза в результате быстрого расширения может разрушить зерно. Так происходит с зернами кукурузы, из которых получают попкорн. Высушенные зерна сельскохозяйственных культур могут использоваться: во-первых, для дальнейшей переработки (мука для приготовления хлебобулочных изделий, кормовые добавки для изготовления комбикормов или для приготовления других продуктов), во-вторых – в качестве семенного материала для будущих урожаев. В любом случае высушенный материал должен отвечать определенным требованиям. В первом случае должны сохраниться все полезные вещества в зерне для использования в процессе переработки, а во-втором – семенной материал должен обладать максимальной всхожестью. В обоих случаях встает вопрос длительного хранения материала. Храниться могут зерна сельскохозяйственных культур если они имеют определенную влажность на момент закладки на хранение.

Во время хранения в семенах происходят биохимические процессы, их интенсивность зависит от температуры окружающей среды, влажности, освещенности места хранения. Формирование биохимического состава содержимого семени происходит в момент роста и созревания сельскохозяйственной культуры. Накопление микроэлементов, веществ и влаги в зерне происходит в основном через область зародыша, в нем сосредоточены жировые соединения, легко растворимые белки, ферменты, витамины и минеральные вещества.

Жидкие вещества, а также вода находятся в зерне и в столбике в свободном и связанном состоянии. Соотношение свободной и связанной влаги в семени кукурузы величина не постоянная. Связанная влага – это та влага, которая необходима для нормального протекания биохимических процессов в зерне в период хранения до момента посадки. Для большинства сортов кукурузы при хранении количество связанной влаги составляет порядка 13-17 %. Кукурузное зерно имеет плотную внешнюю оболочку. Проникновение влаги через оболочку происходит медленно.

Поступление веществ и влаги в зерно кукурузы происходит через стержни (столбики). Количество влаги в стержнях в процессе роста, созревания, а также в момент сбора урожая, всегда больше, чем в зерне. В паренхиме столбиков очень разветвленная структура капилляров, поэтому в процессе сушки столбики интенсивнее отдают влагу.

Химический и микро-минералогический состав семян кукурузы и столбиков определяет параметры процесса сушки. Допустимые температуры сушки определяются при этом с учетом продолжительности нагрева зерна и его начальной влажности.

Основная часть. Дифференциальное уравнение изменения массы имеет вид

$$\frac{dm_0}{dt} = -km, \tag{1}$$

где m_0 – приведённая масса.

Начальное условие при этом:

$$m_0(t = 0) = 1. \tag{2}$$

Решение дифференциального уравнения (1) с начальным условием (2) будет иметь вид при условии, что $A + B = 1$:

$$m_0 = Ae^{-kt} + B, \tag{3}$$

где B – относительная масса вещества с оставшейся влажностью 12-14 %, после естественной сушки кукурузы, A – относительная масса испарившейся воды и других жидких составляющих, k – коэффициент влагоотдачи початка в целом.

Для эксперимента отобрали поспевшие початки сахарной кукурузы. Будем рассматривать процесс естественной сушки початков созревшей сахарной кукурузы. Собранный кукуруза размещается в один слой в закрытом помещении. Температура окружающего воздуха в помещении не сильно меняется в течение суток. Учитывается естественный фон температуры и влажности окружающего воздуха. Разница по температуре между окружающим воздухом и зерном составляет 2-5 °С. При испарении влаги из початка происходит понижение температуры стержня и семян (тратится часть энергии на испарение влаги).

Эксперимент проводился с початками сахарной кукурузы, собранной 03.09.23 г. Отобранный материал взвешивали на электронных весах в течение 20 суток. Сушка проходила в помещении, где была естественная влажность воздуха и температура 17-25 °С.

Скорость влагоотдачи уменьшается с понижением температуры окружающего воздуха.

Второй эксперимент проводился с початками сахарной кукурузы, собранной 28.09.23 г. При этом кукурузу разбили на две партии. Одна партия сушилась в целых початках, а другая в виде колец (рисунок 1).



а) первая партия в целых початках



б) вторая партия в кольцах

Рис. 1 – Внешний вид кукурузы перед сушкой

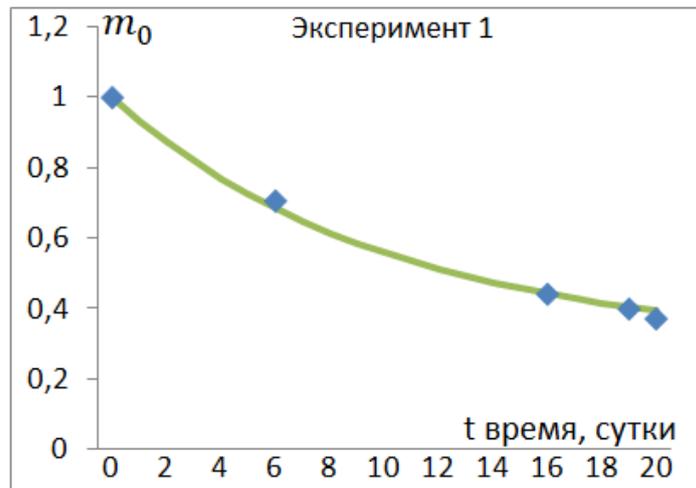
Отобранный материал взвешивался на электронных весах в течение 20 суток. Температура воздуха в помещении придерживалась на уровне 14-18 °С.

Результаты взвешивания всех экспериментов заносили в таблицу 1.

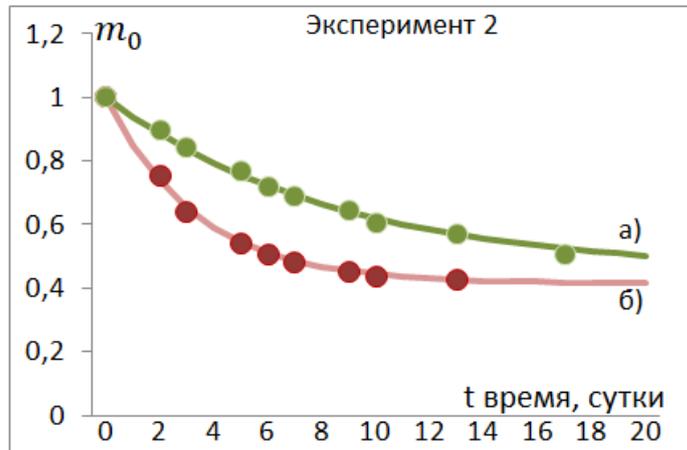
Таблица 1 – Результаты взвешиваний (приведённая масса m_0)

День	Эксперимент 1	Эксперимент 2 а) целые	Эксперимент 2 б) кольцами
0	1,000	1,000	1,000
2	-	0,8845	0,752
3	-	0,829	0,64
5	-	0,752	0,539
6	0,706	0,7	0,506
7	-	0,672	0,483
9	-	0,629	0,449
10	-	0,592	0,438
13	-	0,56	0,4269
16	0,441	-	-
17	-	0,501	-
19	0,399	-	-
20	0,371	-	-

В результате обработки экспериментальных данных были получены функциональные зависимости изменения относительной массы початков кукурузы, которые представлены на рисунке 2, а, б.



а) данные по эксперименту 1



б) данные по эксперименту 2

Рис. 2 – Результаты взвешиваний и графики функций относительной массы

Уравнение функции для относительной массы для эксперимента 1 имеет вид:

$$m_0 = 0,7 \cdot e^{-0,100145t} + 0,3. \quad (4)$$

Для второго эксперимента функции для относительной массы будут выглядеть следующим образом:

а) $m_0 = 0,544 \cdot e^{-0,127274t} + 0,456.$

б) $m_0 = 0,585 \cdot e^{-0,29962t} + 0,415.$

Скорость отдачи влаги стержнем зависит от его геометрических размеров, чем он тоньше, тем скорость выше.

Скорость естественной сушки кукурузы в кусках отличается от скорости сушки в початках. В случае кусков влага из столбиков испаряется активнее нежели из целых столбиков. Испарение влаги из семян в обоих случаях идет с одинаковой скоростью.

В случае кусков площадь испарения влаги из столбиков больше, чем для целых столбиков.

В процессе испарения влаги из зерна уменьшается объём содержимого, вследствие чего происходит деформация оболочки. Связанная вода в зерне может иметь большую плотность, чем вода в свободном состоянии.

Из оболочки, хотя и незначительное, тоже происходит испарение влаги. Это тоже приводит к её деформации. Эта деформация так же способствует «выдавливанию» влаги из зерна.

Скорость влаговыделения зерна отличается от скорости влаговыделения столбика и зависит от физико-механических и теплофизических свойств початка и зерновки, при этом необходимо учитывать разные свойства семян в зависимости от сортовых особенностей, а также уборочной влажности и спелости. Как правило, влажность кукурузы с поля составляет более 30 %. Влажность кукурузы для обмолота должна составлять 12-14 %.

Особенность сушки зерна кукурузы – его низкая влагоотдача по сравнению с зерном других зерновых культур. Интенсивность влагоотдачи зерна различных сортов кукурузы неодинакова, поскольку зависит от размеров зерен, их формы, физического строения, химического состава.

Высушенные початки облущили и провели взвешивание семян и столбиков. В результате получили: масса семян составляет 71,42 %, а масса столбиков – 28,58 %. В момент сбора значения масс были равны 40 % и 60 % соответственно.

Столбики имели большую влажность в момент сбора, и их масса составляет большую часть. Содержание влаги в стержне зависит от стадии спелости, оно колеблется от 35 % до 85 %. Испарение влаги из зерна происходит почти равномерно и снижается до некоторого минимума, затем прекращается совсем. В зерне остается связанная вода.

В результате испарения влаги происходит деформация зерен кукурузы, В случае сахарной кукурузы зерна сильно деформируются.

Высушенная масса кукурузы содержит 20-25 % массы столбиков, 75-80 % масса зерен.

Выводы. На основании представленных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Динамика процесса естественной сушки початков кукурузы зависит от сроков сбора урожая.
2. Скорость влагоотдачи у столбиков выше, чем у зерен. Важным показателем является поверхность испарения зерна кукурузы, она меньше, чем у большинства зерновых сельскохозяйственных культур, например пшеницы. Зерно – плохой проводник тепла. Низкая теплопроводность зерна определяет организацию технологических параметров процесса сушки початков.
3. Процесс естественной сушки спелой сахарной кукурузы длится 20-22 суток в помещениях с естественной влажностью и средней температурой 18 °С. В высушенных початках масса семян составляет 71,42 %, а масса столбиков – 28,58 %.
4. Результаты проведенных исследований можно использовать при организации процесса сушки кукурузных початков как в естественных условиях, так и в сушильных камерах нагретым потоком воздуха.

Библиография

1. Атаназевич Н.И., Воронцов Г.О., Ивентьева О.В. Сушка семян кукурузы. М. : Агропромиздат, 1986. 235 с.
2. Ахметьянов И.Р., Бакиев И.Т. Способы и технические средства сушки кукурузы // Мат. XLII междунар. науч.-техн. конф. Челябинск, ЧГАУ, 2003. Часть 2. С. 400.
3. Андреева Е.В. Технология двухэтапной сушки зерна кукурузы // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. 2006. № 2. С. 528.
4. Бакиев И.Т. Интенсификация процесса сушки початков кукурузы. : дис. канд. техн. наук. Уфа, 2005. 136 с.
5. Голубкович А.В., Скутнев В.И., Орехов А.П. Технология двухэтапной сушки зерна кукурузы // Техника в сельском хозяйстве. 2005. № 5. С. 34–35.
6. Курасов В.С., Куцеев В.В., Самурганов Е.Е. Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы: монография. Краснодар : КубГАУ, 2013. 151 с.
7. Линькова Я.А., Соболева Д.В., Матушкин В.П. Исследование кинетики сушки кукурузы // Символ науки: международный научный журнал. 2023. № 1–1. С. 15–16.
8. Масалимов И.Х., Бакиев И.Т. О сушке початков кукурузы // Перспективы развития производства продовольственных ресурсов и рынка продуктов питания. материалы международной научно-практической конференции (в рамках VIII международной специализированной выставки «ПродУрал-2002»). 2002. С. 296–298.
9. Пермяков В.Н., Масалимов И.Х. Процесс сушки зерна кукурузы // Материалы XLVIII междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск, ЧГАУ, 2009. С. 131–133.
10. Пермяков В.Н. Повышение эффективности сушки зерна кукурузы путем совершенствования системы распределения агента сушки. : дис. канд. техн. наук. Уфа, БГАУ, 2012. 163 с.
11. Тюрин И.Ю., Хитрова Н.В., Юлдашев В.Ю. Режимы сушки кукурузы // Наука и образование: достижения и перспективы. Материалы II Международной научно-практической конференции. 2019. С. 233–236.
12. Шонтуков А.М. Совершенствование технологии сушки, параметров и режимы работы конвективной сушилки при обработке гибридной кукурузы в початках. : дис. канд. техн. наук. Нальчик, ФГОУВПО «Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия имени В.М. Кокова», 2005. 179 с.

References

1. Atanazevich N.I., Vorontsov G.O., Ivent'yeva O.V. Sushka semyan kukuruzy [Drying corn seeds]. M. : Agropromizdat, 1986. 235 s.

2. Akhmet'yanov I.R., Bakiyev I.T. Sposoby i tekhnicheskiye sredstva sushki kukuruzy [Methods and technical means of drying corn] // Mat. XLII mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Chelyabinsk, CHGAU, 2003. Chast' 2. S. 400.
3. Andreyeva Ye.V. Tekhnologiya dvukhetapnoy sushki zerna kukuruzy [Technology of two-stage drying of corn grain] // Inzhenerno-tekhnicheskoye obespecheniye APK. Referativnyy zhurnal. 2006. № 2. S. 528.
4. Bakiyev I.T. Intensifikatsiya protsessa sushki pochatkov kukuruzy [Intensification of the drying process of corn cobs] : dis. kand. tekhn. Nauk. Ufa, 2005. 136 s.
5. Golubkovich A.V., Skutnev V.I., Orekhov A.P. Tekhnologiya dvukhetapnoy sushki zerna kukuruzy [Technology of two-stage drying of corn grain] // Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2005. № 5. S. 34–35.
6. Kurasov V.S., Kutseyev V.V., Samurganov Ye.Ye. Mekhanizatsiya rabot v seleksii, sortoispytanii i pervichnom semenovodstve kukuruzy [Mechanization of work in selection, variety testing and primary seed production of corn]: monografiya. Krasnodar : KubGAU, 2013. 151 s.
7. Lin'kova Ya.A., Soboleva D.V., Matushkin V.P. Issledovaniye kinetiki sushki kukuruzy [Study of the kinetics of corn drying] // Simvol nauki: mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. 2023. № 1–1. S. 15–16.
8. Masalimov I.Kh., Bakiyev I.T. O sushke pochatkov kukuruzy [About drying corn cobs] // Perspektivy razvitiya proizvodstva prodovol'stvennykh resursov i rynka produktov pitaniya. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (v ramkakh VIII mezhdunarodnoy spetsializirovannoy vystavki «ProdUral-2002»). 2002. S. 296–298.
9. Permyakov V.N., Masalimov I.Kh. Protsess sushki zerna kukuruzy [The process of drying corn grain] // Materialy XLVIII mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu». Chelyabinsk, CHGAU, 2009. S. 131–133.
10. Permyakov V.N. Povysheniye effektivnosti sushki zerna kukuruzy putem sovershenstvovaniya sistemy raspredeleniya agenta sushki [Increasing the efficiency of corn grain drying by improving the drying agent distribution system] : dis. kand. tekhn. nauk. Ufa, BGAU, 2012. 163 s.
11. Tyurin I.Yu., Khitrova N.V., Yuldashev V.Yu. Rezhimy sushki kukuruzy [Corn drying regimes] // Nauka i obrazovaniye: dostizheniya i perspektivy. Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2019. S. 233–236.
12. Shontukov A.M. Sovershenstvovaniye tekhnologii sushki, parametrov i rezhimy raboty konvektivnoy sushilki pri obrabotke gibridnoy kukuruzy v pochatkakh [Improving drying technology, parameters and operating modes of a convective dryer when processing hybrid corn on the cob] : dis. kand. tekhn. Nauk. Nal'chik, FGOUVPO «Kabardino-Balkarskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya imeni V.M. Kokova», 2005. 179 s.

Сведения об авторах

Горлов Александр Семенович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики, ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, д. 46, г. Белгород, Белгородская область, Россия, 308012, тел. +79205549189, e-mail: belgoras@mail.ru.

Аверьянов Георгий Николаевич, старший преподаватель кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, д. 46, г. Белгород, Белгородская область, Россия, 308012, тел. +79192231136, e-mail: averyanovgn@gmail.com.

Information about authors

Gorlov Aleksandr Semenovich, candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of higher mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Technology University named after V.G. Shukhov», ul. Kostyukova, 46, Belgorod, Belgorod region, Russia, 308012, tel. +79205549189, e-mail: belgoras@mail.ru.

Averyanov Georgy Nikolaevich, senior lecturer of the department of higher mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Technology University named after V.G. Shukhov», ul. Kostyukova, 46, Belgorod, Belgorod region, Russia, 308012, tel. +79192231136, e-mail: averyanovgn@gmail.com.

УДК 624.91.024.26

А.Г. Пастухов, Д.Н. Бахарев, Е.И. Глуценко

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СНЕГООЧИСТИТЕЛЯ ДЛЯ БЕСКАРКАСНОГО АРОЧНОГО ЗЕРНОХРАНИЛИЩА

Аннотация. Бескаркасные арочные зернохранилища широко используются сельскохозяйственными предприятиями России. Основной проблемой их эксплуатации является разрушение в результате воздействия снегового покрова в зимнее время года. Данная проблема решается путем периодической очистки внешней поверхности зернохранилища от снегового покрова, что выполняется ручным способом. Для механизации данного процесса предложена конструктивно-технологическая схема специального снегоочистителя. Логика разработки данной конструктивно-технологической схемы базируется на гипотезе, что очищать сложнопрофильные поверхности бескаркасных арочных зернохранилищ от снегового покрова можно посредством гибкого рабочего органа, изготовленного на основе эластичного гофрированного рукава. Это подтверждается морфологической матрицей, показавшей, что в основе разработки снегоочистителя лежит функция продольного огибания лотка при щадящем воздействии на его поверхность. Проанализированы конструктивные особенности профилей для изготовления зернохранилищ и промышленных гофрированных рукавов. Установлены рациональные варианты комбинации типов профиля и типов рукава. Предложена конструкция рабочего органа. В качестве подъёмного механизма для управления рабочим органом предложен стреловой самоходный кран-манипулятор паук, обладающий эффективной системой обеспечения устойчивости в процессе работы (шасси – управляемые опоры – гироскоп – телескопическая стрела). Создана структурная модель функционирования предложенной технической системы и сформулированы функции взаимосвязи параметров для крана-манипулятора паука и рабочего органа снегоочистителя, позволяющие выразить два оптимизационных параметра: комплексный показатель вертикальной устойчивости крана-манипулятора паука и показатель качества очистки. Предложенные научные предпосылки требуют практической проверки и уточнения.

Ключевые слова: бескаркасное арочное зернохранилище, снегоочиститель, конструктивно-технологическая схема, модель функционирования.

JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME SNOWPLOW FOR FRAMELESS ARCHED GRANARY

Abstract. Frameless arched granaries are widely used by agricultural enterprises in Russia. The main problem of their operation is destructibility as a result of exposure to snow cover in the winter season. This problem is solved by periodically cleaning the outer surface of the granary from snow cover, which is performed manually. For the mechanization of this process, a design and technological scheme of a special snowplow is proposed. The logic of the development of this design and technological scheme is based on the hypothesis that it is possible to clean the complex surfaces of frameless arched granaries from snow cover by means of a flexible working body made on the basis of an elastic corrugated sleeve. This is confirmed by the morphological matrix, which showed that the development of the snowplow is based on the function of longitudinal bending of the tray with a gentle effect on its surface. The design features of profiles for the manufacture of granaries and industrial corrugated hoses are analyzed. Rational combinations of profile types and sleeve types have been established. The design of the working body is proposed. As a lifting mechanism for controlling the working body, a self-propelled boom crane manipulator spider is proposed, which has an effective system for ensuring stability during operation (chassis – controlled shafts – gyroscope – telescopic boom). A structural model of the functioning of the proposed technical system has been created and the functions of the relationship of parameters for the spider manipulator crane and the working body of the snowplow have been formulated, allowing us to express two optimization parameters: a complex indicator of the vertical stability of the spider manipulator crane and an indicator of the cleaning quality. The proposed scientific prerequisites require practical verification and clarification.

Keywords: frameless arched granary, snow blower, structural and technological scheme, operating model.

Введение. На современном этапе развития технологий хранения зерновых материалов широкое применение получили горизонтальные бескаркасные арочные зернохранилища. Это обусловлено тем, что возведение данных хранилищ требует минимальных материальных и трудовых ресурсов. Кроме того, бескаркасные арочные зернохранилища просты в эксплуатации и обладают большой вместительностью. Однако они имеют существенный недостаток. Конструкция хранилища не выдерживает больших снеговых нагрузок, особенно если они сочетаются с нагрузками от действия резких порывов ветра. В результате целостность конструкции бескаркасных арочных зернохранилищ нарушается. Для природно-климатической зоны Белгородской и Курской областей толщина снегового покрова на поверхности бескаркасных арочных зернохранилищ может достигать 150...250 мм [1]. Поисковое изучение закономерностей изменения толщины снегового покрова на поверхности бескаркасных зернохранилищ, расположенных в Курской и Белгородской областях, позволили определить, что нагрузка на конструкцию бескаркасного арочного зернохранилища только от снега может превышать $0,8 \text{ кН/м}^2$ [1], что в сочетании с нагрузкой от резких порывов ветра может привести к разрушению конструкции (рисунок 1).

Посевная площадь зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий ЦФО составляет 8243,4 тыс. га [2]. Это позволяет производить большие объемы зерновых, что требует использования зернохранилищ большой вместительности. В этой связи использование легковозводимых бескаркасных конструкций весьма целесообразно.



а – разрушение пустого зернохранилища;



б – разрушение заполненного зернохранилища

Рис. 1 – Виды разрушений бескаркасных арочных зернохранилищ от снеговой нагрузки

Предотвратить данное негативное явление можно периодически очищая внешнюю поверхность зернохранилища от снегового покрова. Однако в настоящее время полностью отсутствуют серийные образцы снегоочистителей, способных эффективно работать на сложнопрофильной поверхности бескаркасных арочных зернохранилищ, поэтому их очистка осуществляется вручную, что создает проблемы безопасности труда и требует больших финансовых затрат (рисунок 2).



Рис. 2 – Ручная очистка поверхности бескаркасных арочных зернохранилищ от снегового покрова

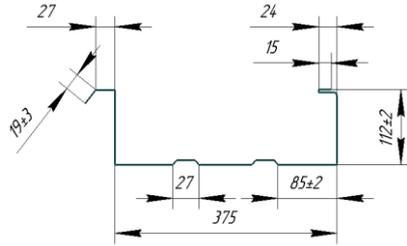
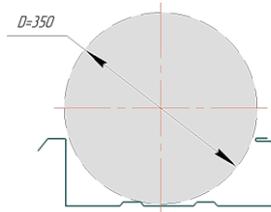
В этой связи возникает необходимость в разработке устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища.

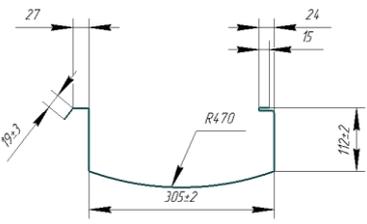
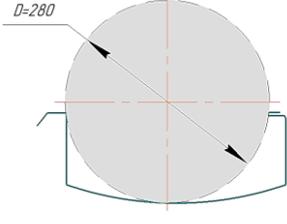
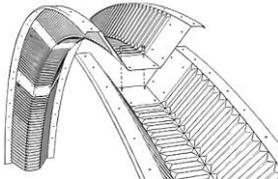
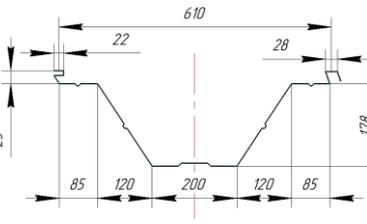
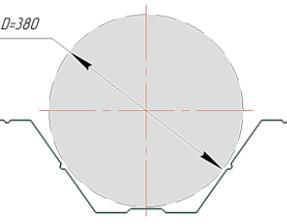
Цель исследования – обоснование конструктивно-технологической схемы устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища.

Объект и методы исследований. Объектом исследования являются закономерности, определяющие работоспособность устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхностей бескаркасных арочных зернохранилищ. Исследование проводилось методами морфологического анализа технических систем и обоснования инженерных решений.

Результаты исследований. Бескаркасные арочные зернохранилища изготавливают из нескольких видов профиля [3, 4], что определяет конструктивные особенности их внешней поверхности (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ конструктивных особенностей профилей для изготовления бескаркасных зернохранилищ (ТУ 101347148.500-2007)

Тип профиля и описание общего вида	Форма и размерные характеристики профиля	Диаметр области прохождения рабочего органа снегоочистителя	Код профиля
 <p>U-образный с плоским дном</p> <p>Плоский профиль в виде буквы U в разрезе с продольными ребрами жесткости</p>			П1

<p>U-образный с вогнутым дном</p>  <p>Профиль с гофрированной поверхностью в виде буквы U в разрезе с продольными ребер жесткости и поперечным гофрированием</p>			<p>П₂</p>
<p>Трапециевидный</p>  <p>Профиль с гофрированной поверхностью в виде трапеции со специальными пазами для фальцевого соединения</p>			<p>П₃</p>

Анализируя конструктивные параметры профилей и опираясь на результаты ранее проведенного исследования конструктивно-технологических параметров рабочих органов существующих снегоочистителей [5], выделены наиболее важные функциональные возможности (Ф₁), обеспечивающие работоспособность разрабатываемого оборудования:

- полное преодоление сопротивления снега при движении вдоль лотка (Ф₁);
- эффективное перемещение из очищенного лотка в заполненный снегом (Ф₂);
- продольное огибание лотка при щадящем воздействии на него рабочим органом (Ф₃);
- работа с плотным снежным покровом и со снежно-ледовой коркой (Ф₄);
- движение по сложным криволинейным траекториям (Ф₅).

Системный анализ вышеприведенных функциональных возможностей и результатов анализа методов очистки сложнопрофильных конструкций бескаркасных арочных зернохранилищ от снегового покрова [5] позволил выделить в качестве основных функциональные возможности – Ф₁, Ф₂ и Ф₃, а также сформулировать следующую научную гипотезу: очищать сложнопрофильные поверхности бескаркасных арочных ангаров от снегового покрова можно посредством гибкого эластичного рабочего органа, например на основе эластичного полимерного гофрированного рукава.

В связи с этим проведен обзор технических характеристик промышленных гофрированных рукавов с необходимыми конструктивными и прочностными параметрами (таблица 2).

Таблица 2 – Обзор технических характеристик гофрированных рукавов, способных выполнять функцию гибкого эластичного рабочего органа снегоочистителя* [6, 7]

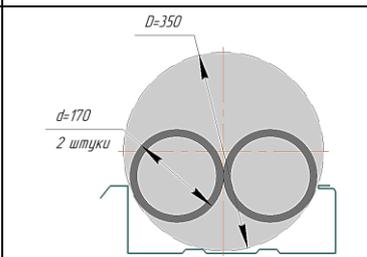
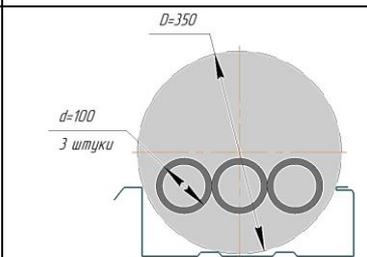
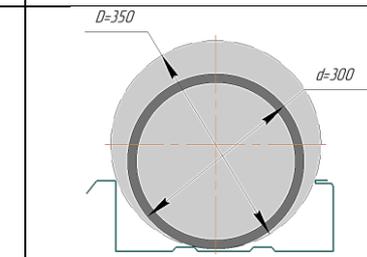
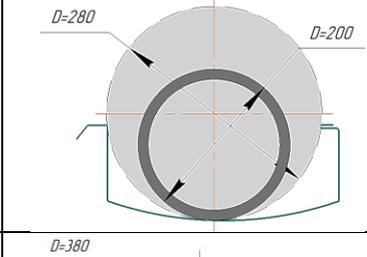
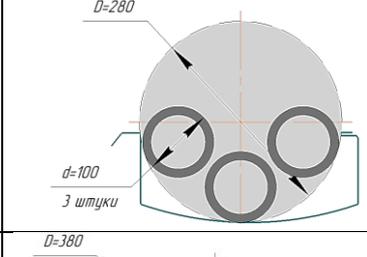
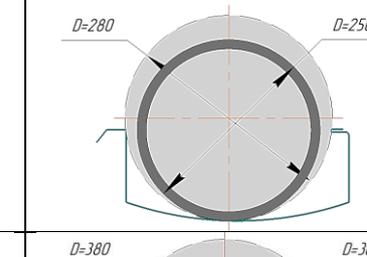
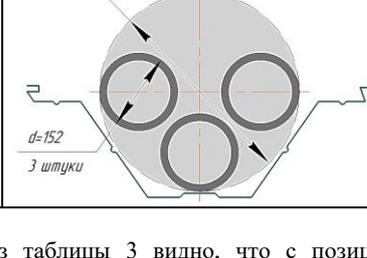
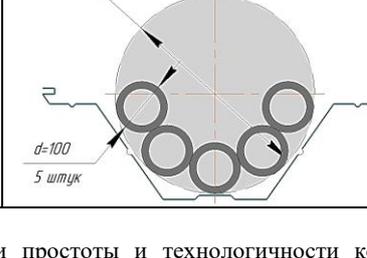
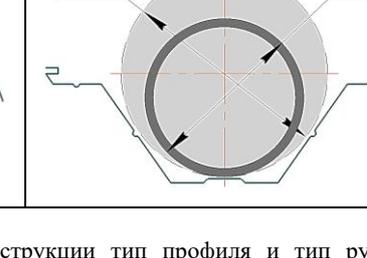
Тип рукава	Технические характеристики	Код рукава
<p>Напорно-всасывающий рукав из ПВХ</p> 	<p>Рабочая температура: от -40 °С до +50 °С. Размерный ряд диаметров: 152; 160; 170; 180; 200 мм. Масса: 5,1; 5,6; 6,0; 6,4; 7,0 кг/м. Толщина стенки: 9,0 или 9,5 мм. Минимальный радиус изгиба 0,5 м.</p>	<p>Р₁</p>
<p>Рукав напорно-всасывающий (резиновый с текстильным каркасом)</p> 	<p>Рабочая температура: от -35 °С до +50 °С. Диаметр 100 мм. Масса: 6,0 кг/м. Минимальный радиус изгиба 0,5 м.</p>	<p>Р₂</p>

<p>Рукав пожарный напорно-всасывающий (резиновый с текстильным каркасом, латексированный)</p> 	<p>Рабочая температура: от -35 °С до +50 °С. Диаметр 200; 250; 300 мм. Масса: 7,6; 8,0; 9,0 кг/м. Минимальный радиус изгиба 0,6 м.</p>	<p>Р₃</p>
---	--	----------------------

* - Использование гофрированного рукава в качестве гибкого эластичного рабочего органа снегоочистителя предлагается при условии закрепления на его внешней поверхности сменных эластичных накладок, истирающихся в процессе эксплуатации.

С целью выявления вариантов рационального сочетания типа профиля зернохранилища и типа гофрированного рукава проведено сопоставление размеров области прохождения рабочего органа снегоочистителя в лотке конкретного профиля с размером поперечного сечения анализируемых гофрированных рукавов. Это позволило определить возможность обработки максимальной площади снегового покровов в лотке профиля посредством минимального количества гофрированных рукавов (таблица 3).

Таблица 3 – Сопоставление размеров области прохождения рабочего органа снегоочистителя в лотке профиля с размером поперечного сечения гофрированного рукава

Код профиля	Код рукава		
	Р ₁	Р ₂	Р ₃
П ₁	 <p>D=350 d=170 2 штуки</p>	 <p>D=350 d=100 3 штуки</p>	 <p>D=350 d=300</p>
П ₂	 <p>D=280 D=200</p>	 <p>D=280 d=100 3 штуки</p>	 <p>D=280 D=250</p>
П ₃	 <p>D=380 d=152 3 штуки</p>	 <p>D=380 d=100 5 штук</p>	 <p>D=380 D=300</p>

Из таблицы 3 видно, что с позиции простоты и технологичности конструкции тип профиля и тип рукава целесообразно комбинировать по следующим вариантам: П₁-Р₃, П₂-Р₃, П₃-Р₃. Это позволяет использовать один рукав и при этом обрабатывать максимальную площадь снегового покрова в лотке профиля.

Для дальнейшего развития выдвинутой гипотезы проведен анализ совокупности достигаемых целей, выполняемых функций разрабатываемым устройством и условий его функционирования по методу построения морфологической матрицы [8-11]. Данный системный метод обоснования инженерных решений позволяет выразить основной конструктивно-технологический параметр проектируемого устройства из его специфических структурных и функциональных особенностей.

В данном случае морфологическая матрица выражает следующий массив логических интерпретаций. Зная то, какими функциональными возможностями должен обладать снегоочиститель (Ф₁, Ф₂, Ф₃), и анализируя практический опыт эксплуатации бескаркасных арочных зернохранилищ, первым этапом были определены три достигаемые цели: очистка от снега (Ц₁), контроль состояния поверхности лотка (Ц₂) и нанесение защитного покрытия (Ц₃). Вторым этапом выявлены

основные условия функционирования снегоочистителя: работа на большой высоте по сложной поверхности ($У_1$), комплексное сопротивление перемещению рабочего органа со стороны снега и сил трения о поверхности профиля ($У_2$), дистанционное наблюдение за процессом ($У_3$). Третьим этапом построена трехмерная морфологическая матрица, на основании которой установлено количество связей между каждой целью и каждым условием функционирования снегоочистителя ($У_1Ц_1, У_1Ц_2, У_1Ц_3, У_2Ц_1, У_2Ц_2, У_2Ц_3, У_3Ц_1, У_3Ц_2, У_3Ц_3$). Четвертым этапом определено количество связей (пересечений) линий исходящих от целей и условий, в пределах конкретной функциональной возможности. По максимальному количеству пересечений в пределах одной функциональной возможности определено, что $Ф_3$ – «продольное огибание лотка при падающем воздействии на него рабочим органом» является наиболее значимой (рисунок 3). Следовательно, именно эта функция должна лежать в основе разработки, создания и конструирования снегоочистителя для бескаркасных арочных зернохранилищ.

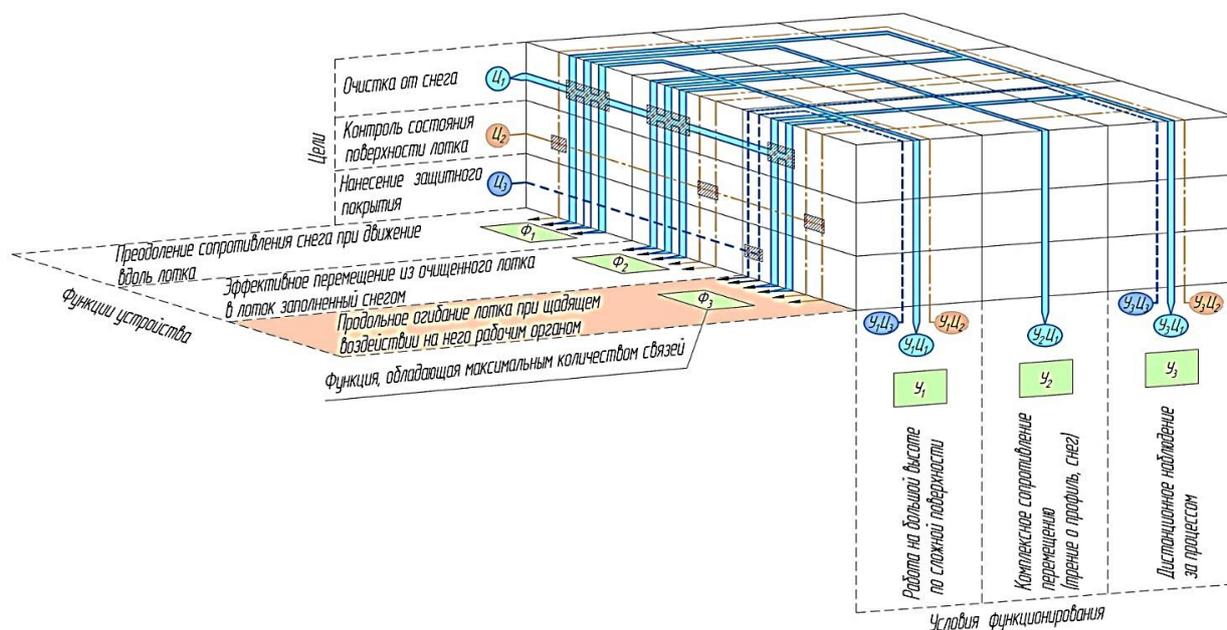


Рис. 3 – Морфологическая матрица достигаемых целей, функций устройства и условий его функционирования

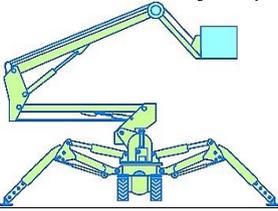
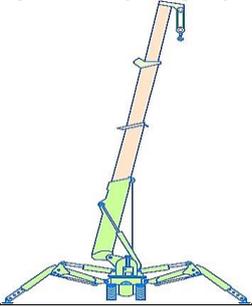
Анализ морфологической матрицы позволил сделать следующие предположения:

- эффективная работа устройства возможна при обеспечении продольного огибания лотка в режиме падающего силового воздействия на него рабочим органом. Об этом свидетельствует максимальное количество пересечений (связей) в вышеприведенной морфологической матрице. Следовательно, рабочий орган должен быть гибким и покрытым эластичным износостойким, например, полимерным материалом;
- гибкий эластичный рабочий орган позволяет достигать несколько практических целей, что делает устройство универсальным и позволяет не только осуществлять очистку зернохранилища от снега, но и, например, наносить защитное герметизирующее или антикоррозионное покрытие;
- работы по очистке снега выполняются на большой высоте и по сложной криволинейной поверхности, поэтому требуют применения средств дистанционного наблюдения и контроля за выполнением рабочих операций;
- гибкий эластичный рабочий орган снегоочистителя должен обладать способностью эффективно перемещаться вдоль сложнопрофильного лотка, копировать его форму и преодолевать комплексное сопротивление движению со стороны снега и сил трения о лоток;
- конструкция устройства должна обеспечивать механизированное перемещение рабочих органов снегоочистителя из очищенного лотка в лоток, заполненный снегом.

Из вышеизложенного формируется следующий принцип функционирования снегоочистителя. Эффективный подъемный механизм устанавливает снегоочиститель на верхнюю часть первого лотка бескаркасного арочного зернохранилища (высота подъема не менее 10 м). Этот же подъемный механизм посредством, например, поворотной стрелы и собственной ходовой части, перемещаясь по поверхности земли, последовательно переносит снегоочиститель из лотка в лоток. Гибкий эластичный рабочий орган снегоочистителя, выполненный на основе гофрированных рукавов, копирует изгиб внешней поверхности зернохранилища. При этом, например, пневматический домкрат в совокупности с упругим (пружинным) возвратным механизмом обеспечивает перемещение рукавов вниз по лотку и обратно, что создает двойной ход рукавов с фиксированным смещением. Эластичная поверхность гофрированных рукавов позволяет осуществлять очистку от снега без повреждения антикоррозионного покрытия лотка. Оператор посредством автоматики, а также устройств дистанционного контроля и видеонаблюдения с поверхности земли контролирует ход выполнения процесса и управляет как подъемным механизмом, так и очистителем.

Анализ конструктивных особенностей кранов, способных в совокупности со снегоочистителем посредством гибких эластичных рукавов эффективно выполнять задачи, описанные морфологической матрицей, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Анализ кранов, способных перемещать и приводить в движение гибкий рабочий орган снегоочистителя* [12-15]

Тип подъемника	Технические характеристики модели с рациональными размерными параметрами	Конструктивные параметры, определяющие вертикальную устойчивость в процессе работы (W ₁) **			
		На заснеженной поверхности	На обледенелой поверхности	На мёрзло-талой грунтовой поверхности	При переменной ветровой нагрузке
<p>Коленчатый подъемник-манипулятор</p> 	<p>Рабочая высота: 15 м; Горизонтальный вылет: 6,1 м; Грузоподъемность: 230 кг; Поворотный механизм: 360 °; Тип: самоходный.</p>	Ш; О	Ш; О	Ш; О; Г	Ш; О; Г
<p>Стреловой самоходный кран-манипулятор паук</p> 	<p>Рабочая высота: 17 м; Горизонтальный вылет: 11 м; Грузоподъемность: 2800 кг; Поворотный механизм: 360 °; Тип: самоходный.</p>	Ш; О	Ш; О	Ш; О; Г	Ш; О; Г; Т
<p>Передвижной стреловой кран</p> 	<p>Рабочая высота: 7 м; Горизонтальный вылет: 4 м; Грузоподъемность: 1000 кг; Поворотный механизм: 360 °; Тип: передвижной.</p>	-	О	-	О; П

* В таблице приведены схемы существующих, серийно выпускаемых кранов.
 ** Вертикальная устойчивость в процессе работы анализировалась с учетом методики, предложенной в источнике [15]. При этом вертикальная устойчивость определяется работой системы «шасси – управляемые опоры – гироскоп – противовес – телескопическая стрела» (Ш–О–Г–П–Т).

Из анализа данных, приведенных в таблице 4, в качестве подъемного механизма принят стреловой самоходный кран-манипулятор паук, поскольку он обладает наиболее совершенной системой обеспечения вертикальной устойчивости подъемника в процессе работы.

Далее возникает необходимость в объединении снегоочистителя и подъемного механизма в единое устройство для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища.

В связи с этим, исходя из логики рассуждений, предложена конструктивно-технологическая схема устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища (рисунок 4). Кроме того, разработана структурная модель функционирования разрабатываемого очистителя (рисунок 5).

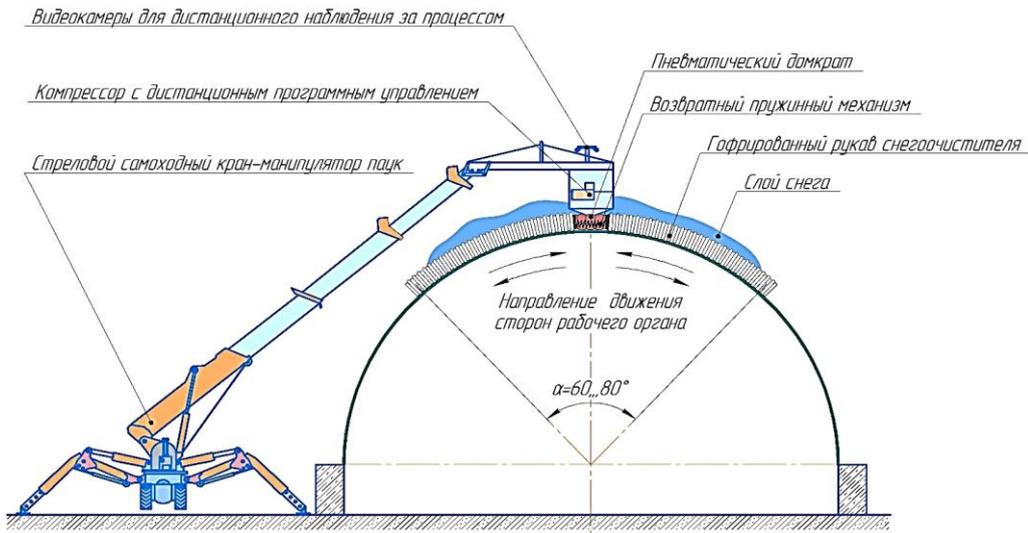


Рис. 4 – Конструктивно-технологическая схема устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища

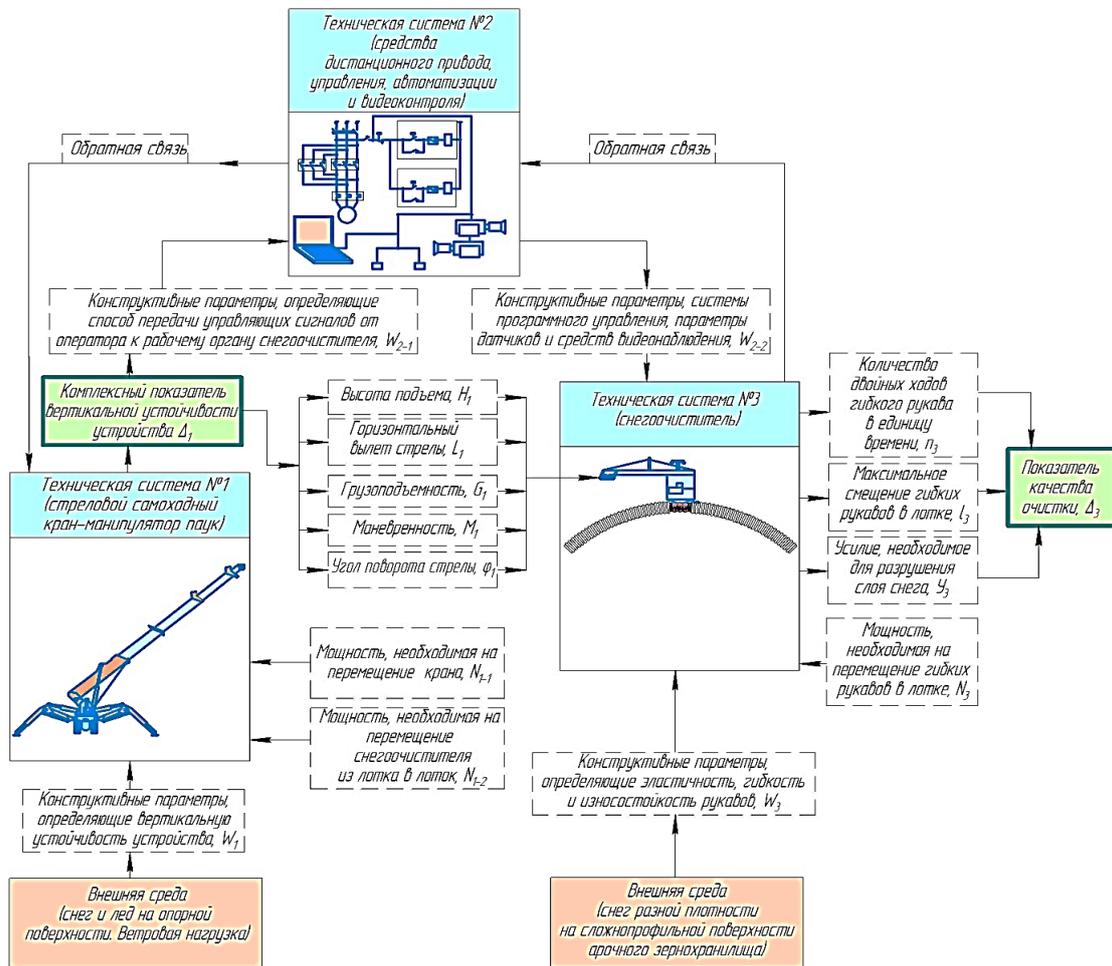


Рис. 5 – Структурная модель функционирования устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища

Обобщая вышеприведенную информацию, принцип работы устройства можно описать более детально. Оператор посредством самоходного крана-манипулятора устанавливает рабочий орган в первый лоток арочного бескаркасного зернохранилища, при этом рабочий орган очистителя собственным весом ложится на слой снега. Привод и вспомогательное оборудование рабочего органа удерживается манипулятором и на поверхность зернохранилища своим весом воздействует не оказывает. После установки рабочего органа в исходное положение оператор посредством пульта дистанционного управления включает компрессор и подает давление в пневматический домкрат, который расширяясь сдвигает в стороны, прикрепленные к нему гибкие гофрированные рукава. По достижению заданного смещения гофрированных рукавов подача давления в домкрат прекращается, открывается спускной клапан и возвратный механизм перемещает гофрированные рукава в начальное положение. В результате осуществляется двойной ход гофрированных рукавов. При необходимости смещение

рукавов и возврат их в начальное положение может осуществляться несколько раз в одном лотке. Оператор, очистив лоток, посредством крана-манипулятора устанавливает рабочий орган в следующий неочищенный от снега лоток и так далее последовательно по всей длине зернохранилища. При этом управление рабочим органом – дистанционное, контроль качества очистки осуществляется посредством видеонаблюдения, а щадящее воздействие рабочего органа на поверхность бескаркасного арочного зернохранилища контролируется системой специальных датчиков. Управление пневмоприводом домкрата может осуществляться по аналогии со способом, описанным в источнике [16].

Структурная модель функционирования устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища позволяет осуществить переход от структурно-системного представления процесса к его математическому описанию [8, 17]. Для этого сформулированы две функции взаимосвязи параметров:

- для крана-манипулятора

$$F_1 = \Delta_1 = \begin{cases} G_1 \\ M_1 \\ \varphi_1 = f(W_1, N_{1-1}, N_{1-2}) \wedge (W_{2-1}, W_{2-2}) \\ H_1 \\ L_1 \end{cases} \quad (1)$$

где \wedge – знак конъюнкции (логическая операция, по смыслу являющаяся собой союз «и»);
- для снегоочистителя

$$F_2 = \Delta_3 = \begin{cases} n_3 \\ l_3 \\ Y_3 \end{cases} = f(N_3, W_3) \begin{cases} \text{при комбинации: } P_1 - P_3 \vee P_2 - P_3 \vee P_3 - P_3; \\ \text{при обеспечении: } \Phi_3. \end{cases} \quad (2)$$

где \vee – знак дизъюнкции (логическая операция, по смыслу являющаяся собой союз «или»).

Все расшифровки условных обозначений в функциях (1) и (2) представлены на вышеприведенной структурной модели функционирования устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища (рисунок 6), а также в таблице 3 и на рисунке 3.

Из функции (1) следует, что стреловой самоходный кран-манипулятор паук при зафиксированных на рациональном уровне параметрах $G_1, M_1, \varphi_1, H_1, L_1$ должен быть оптимизирован по мощностным показателям кран и его устойчивости на поверхности, покрытой снегом или льдом. При этом электронная система дистанционного программного управления очистителем и видеоконтроль за качеством его работы должна быть адаптирована для условий непрерывного функционирования при низких отрицательных температурах и высокой влажности.

Из функции (2) следует, что снегоочиститель при зафиксированных на рациональном уровне параметрах n_3, l_3, Y_3 должен быть оптимизирован по мощности, а также по параметрам эластичности, гибкости рукавов и износостойкости их эластичных накладок.

Структурная модель функционирования и функции взаимосвязи параметров дают базис для построения плана дальнейших теоретических исследований, направленных на разработку и проектирование эффективных устройств для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасных арочных зернохранилищ.

Предложенная конструктивно-технологическая схема устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища демонстрирует принципиальный подход к решению актуальной научной задачи. Однако даже в недостаточно детализированном представлении указывает на работоспособность конструкции в целом и ее перспективность как многофункционального устройства. Например, данное устройство при условии конструктивных изменений может быть использовано не только для очистки зернохранилища от снега, но и для дистанционного нанесения на арочную поверхность различных функциональных покрытий (защитных, герметизирующих и др.).

Выводы. Обобщая вышеприведенные рассуждения и объединяя их с результатами системного анализа, можно сделать следующие выводы.

1. Очистка сложнопрофильной поверхности бескаркасных арочных зернохранилищ от снегового покрова является актуальной задачей для сельскохозяйственных предприятий, расположенных в природно-климатической зоне ЦФО России.

2. Очищать сложнопрофильные поверхности бескаркасных арочных зернохранилищ от снегового покрова можно посредством гибкого эластичного рабочего органа, выполненного, например, на основе полимерного гофрированного рукава.

3. Простота и технологичность конструкции снегоочистителя может быть обеспечена при комбинации типов профиля бескаркасных арочных зернохранилищ и типов гофрированных рукавов по вариантам: П₁-Р₃, П₂-Р₃, П₃-Р₃.

4. Основными функциональными возможностями снегоочистителя являются: полное преодоление сопротивления снега при движении вдоль лотка (Ф₁), эффективное перемещение из очищенного лотка в заполненный снегом (Ф₂), продольное огибание лотка при щадящем воздействии на него рабочим органом (Ф₃). Анализ данных функциональных возможностей посредством морфологической матрицы позволил выявить, что в основе концепции разработки, создания и конструирования снегоочистителя для бескаркасных арочных зернохранилищ должна быть положена функция Ф₃.

5. Учитывая габаритные размеры бескаркасных арочных зернохранилищ установлено, что снегоочистителем целесообразно управлять посредством стрелового самоходного крана-манипулятор паука. Данный кран обладает наиболее совершенной системой обеспечения вертикальной устойчивости подъемника в процессе работы «шасси – управляемые опоры – гироскоп– телескопическая стрела» (Ш–О–Г–Т).

6. Реализованная методика логического обоснования конструктивно-технологической схемы устройства для механизированного удаления снегового покрова с поверхности бескаркасного арочного зернохранилища позволила создать структурную модель функционирования и сформулировать две функции взаимосвязи параметров: (1) - для крана-манипулятора паука и (2) - для снегоочистителя.

7. Математические модели (1) и (2) выражают два оптимизационных параметра: комплексный показатель вертикальной устойчивости крана-манипулятора паука Δ_1 и показатель качества очистки Δ_3 .
8. Предложенные научные предпосылки требуют практической проверки посредством ряда поисковых исследований, проведенных на специально сконструированных уменьшенных моделях зернохранилища и экспериментального устройства для механизированного удаления снегового покрова.

Библиография

1. Тарасова Л.Л. Оценка агрометеорологических показателей условий зимовки озимых зерновых культур в центральных черноземных областях в условиях климатических изменений // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2016. № 360. С. 26–44.
2. Агрпромышленный комплекс России в 2021 году. Сборник материалов, подготовленных Департаментом экономики и государственной поддержки АПК на основе данных Росстата и Минсельхоза России. Ответственные за выпуск: Г. Л. Фомина, Е. Б. Киселева. ФГБНУ «Росинформагротех». 2022. 553 с.
3. Липленко М.А., Кунин Ю.С. Механические характеристики стали тонкостенных холодногнутых профилей бескаркасных зданий // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2016. № 4. Том 82. С. 47–52.
4. Липленко М.А., Айрумян Э.Л. Особенности работы бескаркасных арочных покрытий из стальных холодногнутых профилей // Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 6. С. 42–44.
5. Глущенко Е.И., Бахарев Д.Н. Анализ методов очистки сложнопрофильных конструкций бескаркасных арочных зернохранилищ от снегового покрова // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13–15 марта 2024 года. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2024. С. 63–64.
6. Дахно А.В., Воробьев Г.А., Смирнов Ю.П. Напорно-всасывающий рукав // Промышленное производство и использование эластомеров. 2011. № 2. С. 28–29.
7. Рукав для подачи и всасывания материалов тяжелого назначения // Уголь. 2012. № 8(1037). С. 94–95.
8. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П., Бахарев Д.Н. Обобщенная оценка основных факторов при проектировании техники и технологий в агроинженерии // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 1(29). С. 17–26.
9. Капустин А.С., Капустин С.И., Азиз Б., Бахарев Д.Н. Сортовая технология кукурузы. Луганск : Луганский национальный аграрный университет, 2013. 196 с.
10. Вольвак С.Ф., Шаповалов В.И. Обоснование конструктивно-технологической схемы малогабаритного кормоприготовительного агрегата // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2024. № 1(41). С. 11–18.
11. Пушкарев А.Э., Изюрьева И.А., Козлов П.П. Морфологическая матрица энергоэффективности технологий при реконструкции административно-выставочных комплексов // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2018. № 4(35). С. 256–258.
12. Ковальский В.Ф., Лагереv И.А. Влияние ветровых воздействий на нагруженность гидравлических крано-манипуляторных установок с шарнирно-сочлененными стрелами // Известия МГТУ МАМИ. 2015. Т. 1, № 4(26). С. 21–25.
13. Лагереv А.В., Лагереv И.А. Конструкция и оценка эксплуатационных характеристик энергоэффективной крано-манипуляторной установки для мобильных транспортно-технологических машин // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2019. № 4. С. 450–461.
14. Лагереv И.А., Лагереv А.В. Исследование динамики многозвенных гидравлических кранов-манипуляторов при совместном движении звеньев // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2018. Т. 6, № 1. С. 3–9.
15. Лагереv И.А. Сравнительный анализ характеристик кранов-манипуляторов отечественных и зарубежных производителей // Подъемно-транспортное дело. 2016. № 1–2. С. 8–10.
16. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф., Черников Р.В. Пневматическая система дифференцированного обмолота кукурузы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13, № 4. С. 42–47.
17. Пастухов А.Г., Бахарев Д.Н. Теоретическое исследование контакта фасонного шипа и зерна кукурузы в молотильной камере // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2018. № 5(87). С. 20–24.

References

1. Tarasova L.L. Ocenka agrometeorologicheskikh pokazatelej uslovij zimovki ozimyh zernovykh kul'tur v central'nykh chernozemnykh oblastyakh v usloviyakh klimaticheskikh izmenenij [Assessment of agrometeorological indicators of wintering conditions of winter crops in the central chernozem regions under conditions of climatic changes] // Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo centra Rossijskoj Federacii. 2016. № 360. S. 26–44.
2. Agropromyshlennyj kompleks Rossii v 2021 godu [The agro-industrial complex of Russia in 2021]. Sbornik materialov, podgotovlennyh Departamentom ekonomiki i gosudarstvennoj podderzhki APK na osnove dannyh Rosstata i Minselxoza Rossii. Otvetstvennye za vypusk: G. L. Fomina, E. B. Kiseleva. FGBNU «Rosinformagrotex». 2022. 553 s.
3. Liplenko M.A. Kunin Yu.S. Mekhanicheskie harakteristiki stali tonkostennykh holodnognutyh profilej beskarkasnykh zdanij [Mechanical characteristics of steel of thin-walled cold-curved profiles of frameless buildings] // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2016. № 4. Tom 82. S. 47–52.
4. Liplenko M.A., Ajrumyan E.L. Osobennosti raboty beskarkasnykh arochnyh pokrytij iz stal'nykh holodnognutyh profilej [Features of frameless arched coverings made of cold-bent steel profiles] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2011. № 6. S. 42–44.
5. Glushchenko E.I., Baharev D.N. Analiz metodov ochistki slozhnoprofil'nykh konstrukcij beskarkasnykh arochnyh zernohranilishch ot snegovogo pokrova [Analysis of methods for cleaning complex structures of frameless arched granaries from snow cover] // Gorinskie chteniya. Innovacionnye resheniya dlya APK: Materialy VI Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii, Majskij, 13–15 marta 2024 goda. Majskij : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2024. S. 63–64.
6. Dahno A.V., Vorob'ev G.A., Smirnov Yu.P. Naporno-vsasyvayushchij rukav [Pressure-suction hose] // Promyshlennoe proizvodstvo i ispol'zovanie elastomerov. 2011. № 2. S. 28–29.
7. Rukav dlya podachi i vsasyvaniya materialov tyazhelogo naznacheniya [Hose for feeding and suction of heavy-duty materials] // Ugol'. 2012. № 8(1037). S. 94–95.

8. Pastuhov A.G., Timashov E.P., Baharev D.N. Obobshchennaya ocenka osnovnykh faktorov pri proektirovanii tekhniki i tekhnologiy v agroinzhenerii [A generalized assessment of the main factors in the design of machinery and technologies in agroengineering] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2021. № 1(29). S. 17–26.
9. Kapustin A.S., Kapustin S.I., Aziz B., Baharev D.N. Sortovaya tekhnologiya kukuruzy [Varietal technology of corn]. Lugansk : Luganskij nacional'nyj agrarnyj universitet, 2013. 196 s.
10. Vol'vak S.F., Shapovalov V.I. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskoy skhemy malogabaritnogo kor-moprigotovitel'nogo agregata [Substantiation of the design and technological scheme of a small-sized feed preparation unit] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2024. № 1(41). S. 11–18.
11. Pushkarev A.E., Izyureva I.A., Kozlov P.P. Morfologicheskaya matrica energoeffektivnosti tekhnologiy pri rekonstrukcii administrativno-vystavochnykh kompleksov [Morphological matrix of energy efficiency of technologies in the reconstruction of administrative and exhibition complexes] // *Socialno-ekonomicheskoe upravlenie: teoriya i praktika*. 2018. № 4(35). S. 256–258.
12. Koval'skij V.F., Lagerev I.A. Vliyanie vetrovykh vozdeystvij na nagruzhennost' gidravlicheskih kranov-manipulyatornykh ustanovok s sharnirno-sochlenennymi strelami [The effect of wind influences on the loading of hydraulic crane manipulator units with articulated booms] // *Izvestiya MGTU MAMI*. 2015. T. 1, № 4(26). S. 21–25.
13. Lagerev A.V., Lagerev I.A. Konstrukciya i ocenka ekspluatatsionnykh harakteristik energoeffektivnoj kranov-manipulyatornoj ustanovki dlya mobil'nykh transportno-tekhnologicheskikh mashin [Design and evaluation of operational characteristics of an energy-efficient crane manipulator installation for mobile transport and technological machines] // *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2019. № 4. S. 450–461.
14. Lagerev I.A., Lagerev A.V. Issledovanie dinamiki mnogozvennykh gidravlicheskih kranov-manipulyatorov pri sovmestnom dvizhenii zven'ev [Investigation of dynamics of multi-link hydraulic manipulator cranes with joint movement of links] // *Mashinostroenie: setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal*. 2018. T. 6, № 1. S. 3–9.
15. Lagerev I.A. Sravnitel'nyj analiz harakteristik kranov-manipulyatorov otechestvennykh i zarubezhnykh proizvoditelej [Comparative analysis of the characteristics of manipulator cranes of domestic and foreign manufacturers] // *Pod'emno-transportnoe delo*. 2016. № 1–2. S. 8–10.
16. Pastukhov A.G., Baharev D.N., Vol'vak S.F., Chernikov R.V. Pnevmaticheskaya sistema differencirovannogo obmolota kukuruzy [Pneumatic system of differentiated corn threshing] // *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2019. T. 13, № 4. S. 42–47.
17. Pastukhov A.G., Baharev D.N. Teoreticheskoe issledovanie kontakta fasonnogo shipa i zerna kukuruzy v molotil'noj kame-re [Theoretical study of the contact of a shaped spike and corn grain in a threshing chamber] // *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina»*. 2018. № 5(87). S. 20–24.

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, тел. +7(4722) 39-23-90, e-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru.

Бахарев Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, доцент, 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.

Глушченко Евгений Игоревич, аспирант 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: evgeny95@yandex.ru.

Information about authors

Pastukhov Alexander Gennadievich, doctor of technical sciences, professor of the department of technical mechanics and machine design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», str. Vavilova,1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +7(4722) 39-23-90, e-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru.

Bakharev Dmitry Nikolayevich, candidate of technical sciences, docent of the department of technical mechanics and machine design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», str. Vavilova,1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. +7 (4722) 39-12-33, e-mail: baharevdn_82@mail.ru.

Glushchenko Evgeniy Igorevich, graduate student of the department of technical mechanics and machine design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», str. Vavilova,1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. +7 (4722) 39-12-33, e-mail: evgeny95@yandex.ru.

УДК 631.333

А.В. Сахнов, С.В. Стребков, А.В. Бондарев

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЯЧЕЙКИ ДИСКА ТУКОВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ

Аннотация. Локальное (порционное) внесение удобрений позволяет получить такую же прибавку урожая при меньшей дозе. Для порционного внесения удобрений чаще всего используют вертикально расположенный высевающий диск с ячейками, вращающийся вокруг горизонтальной оси, при этом объем ячейки определяется необходимой порцией локального внесения для каждого растения. С целью бесперебойного обеспечения локальной порцией удобрения в требуемом объеме необходимо обосновать параметры ячейки диска для внесения минеральных удобрений. Особый интерес представляет процесс разгрузки удобрений из ячейки диска. Истечение минеральных удобрений из ячейки начинается в точке, находящейся в нижней части корпуса, в тот момент, когда ячейка во время поворота диска совмещается с местом выгрузки, выполненном в корпусе туковывсевающего аппарата и продолжается до полного опустошения ячейки. Целью работы является исследование процесса разгрузки ячейки диска туковывсевающего аппарата сеялки. В работе определили оптимальный угол наклона задней стенки ячейки ψ , в зависимости от конструктивных и режимных параметров, при котором гарантированно будет обеспечена разгрузка ячейки. Расчеты произведены для случая, когда при разгрузке частицы удобрений движутся вдоль задней стенки ячейки диска без скольжения по ней (частицы свободно перемещаются вдоль задней стенки по определенной траектории). Для обеспечения семян локальной порцией удобрений в полном объеме при радиусе диска туковывсевающего аппарата $R_0=0,085$ м и глубине ячейки $h=0,03$ м угол наклона задней стенки ячейки диска туковывсевающего аппарата должен быть не менее $38,67^\circ$.

Ключевые слова: высевающий аппарат, диск, удобрения, локальное внесение.

SUBSTANTIATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE DISK CELL OF THE SEEDER'S TOWERING APPARATUS

Abstract. Local (batch) fertilization allows you to get the same yield increase at a lower dose. For batch fertilization, a vertically positioned sowing disc with cells rotating around a horizontal axis is most often used, while the volume of the cell is determined by the required portion of local application for each plant. In order to ensure uninterrupted supply of a local portion of fertilizer in the required volume, it is necessary to justify the parameters of the disk cell for applying mineral fertilizers. Of particular interest is the process of unloading fertilizers from the disc cell. The outflow of mineral fertilizers from the cell begins at a point located in the lower part of the housing, at the moment when the cell, during the rotation of the disk, is combined with the unloading place made in the housing of the lifting device and continues until the cell is completely emptied. The purpose of the work is to study the process of unloading the disc cell of the towering apparatus of the seeder. In the work, the optimal angle of inclination of the rear wall of the cell was determined, depending on the design and operating parameters, at which unloading of the cell is guaranteed. Calculations were performed for the case when, during unloading, a fertilizer particle moves along the back wall of the disc cell without sliding along it (the particle moves freely along the back wall along a certain trajectory). To provide seeds with a local portion of fertilizers in full with a radius of the disk of the towering apparatus $R_0 = 0.085$ m and a depth of the cell $h = 0.03$ m, the angle of inclination of the rear wall of the cell of the towering apparatus should be at least 38.67° .

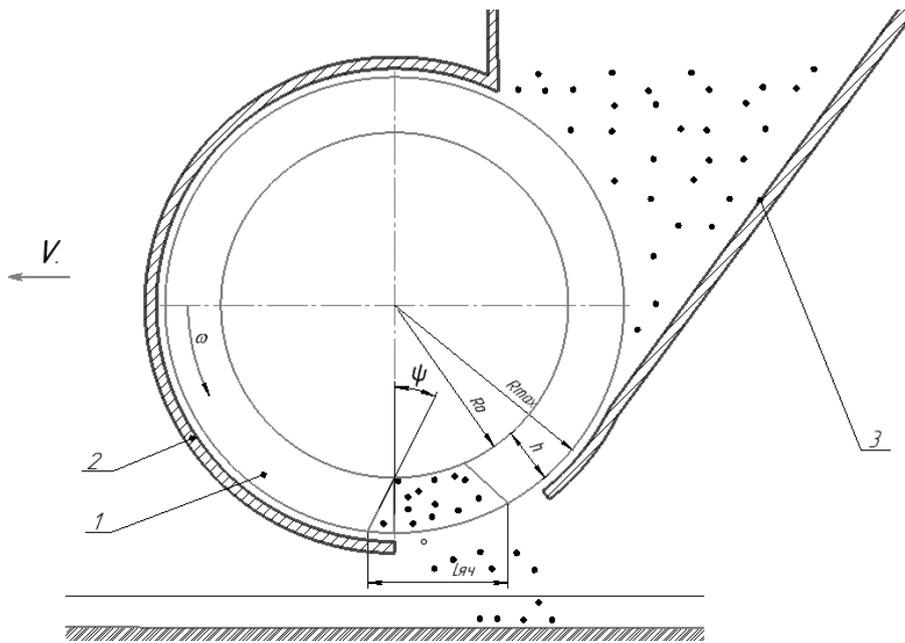
Keywords: seeder, disk, fertilizers, local application.

Введение. Анализ способов внесения минеральных удобрений показал, что локальное их внесение позволяет получить ту же прибавку урожая при сокращенной дозе. Удобрения целесообразно располагать во влагообеспеченном слое почвы в виде локальных порций, ориентированных относительно семян [1-3].

Для порционного внесения удобрений чаще всего используют вертикально расположенный высевающий диск с ячейками, вращающийся вокруг горизонтальной оси, при этом объем ячейки определяется необходимой порцией локального внесения для каждого растения [4].

Материал и методы. С целью бесперебойного обеспечения растения локальной порцией удобрения в полном и достаточном объеме, необходимо обосновать параметры ячейки диска для внесения минеральных удобрений [4-8]. Особый интерес представляет процесс разгрузки удобрений. Истечение минеральных удобрений начинается в точке, находящейся в нижней части корпуса, в тот момент, когда ячейка во время поворота диска совмещается с местом выгрузки, выполненном в корпусе 2 (рисунок 1). Истечение удобрений должно продолжаться до полного опустошения ячейки [9-12]. Частичное опустошение ячейки диска может возникнуть при неправильно подобранном угле наклона ее задней стенки или неверно подобранной скорости вращения диска под удобрения.

Целью работы является исследование процесса разгрузки ячейки диска туковывсевающего аппарата сеялки.



1 – диск; 2 – корпус; 3 – питатель; h – высота ячейки; R_0 – радиус внутренней части ячейки; R_{max} – радиус диска (наружный радиус ячейки); $L_{яч}$ – длина внешней дуги ячейки; ψ – угол наклона задней стенки ячейки; V – скорость высевяющего аппарата

Рис. 1 – Схема туковывсевающего аппарата

Результаты и их обсуждение. Для достижения цели в работе необходимо обосновать угол наклона задней стенки ячейки диска под удобрения.

При вращении диска 1 с заданной угловой скоростью ω и по достижении зоны выгрузки удобрения сбрасываются в подготовленное ложе под воздействием различных сил.

Следует предположить, что при определенных углах наклона задней стенки ячейки диска на частицу удобрений может воздействовать и препятствовать опустошению ячейки сила трения $F_{тр}$. При этом есть вероятность того, что часть удобрений не успеет покинуть ячейку из-за действия сил, препятствующих разгрузке. Оставшаяся часть порции удобрений в ячейке будет вращаться вместе с диском, тем самым сокращая дозу внесения удобрений под выращиваемые культуры.

Определим оптимальный угол наклона задней стенки ячейки ψ , в зависимости от конструктивных и режимных параметров, при котором гарантированно будет обеспечена разгрузка ячейки.

Произведем расчеты для случая, когда при разгрузке частица удобрений движется вдоль задней стенки ячейки диска без скольжения по ней (свободно перемещается вдоль задней стенки). Это необходимо для того, чтобы по форме этой траектории направить (изготовить) заднюю стенку, тем самым гарантированно обеспечив разгрузку ячейки.

Очевидно, что при изменении положения частицы удобрений в диске, а именно с увеличением расстояния от центра вращения до частицы удобрения в диапазоне от R_0 до R_{max} (рисунок 1), расположенной в ячейке диска, будет изменяться и угол наклона задней стенки ψ .

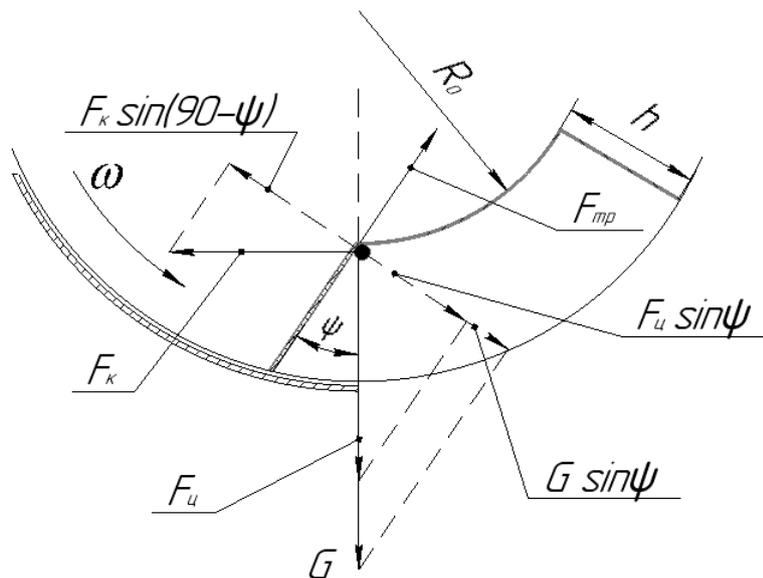


Рис. 2 – Схема сил, действующих на частицу удобрений при разгрузке ячейки

Кроме того, на разгрузку удобрений влияет и угловая скорость вращения диска, которая зависит от скорости посевного агрегата. Причем при посеве угловая скорость остается постоянной.

Рассмотрим силы, действующие на частицу, находящуюся в объеме порции удобрения и расположенную на дне ячейки рядом с задней стенкой (рисунок 2).

На частицу удобрений воздействуют силы:

- 1) сила веса частицы – $G = m \cdot g$;
- 2) центробежная сила – $F_{ц} = m \cdot r \cdot \omega^2$;
- 3) сила Кориолиса – $F_{к} = 2 \cdot m \cdot \omega^2 \cdot r$;
- 4) сила трения – $F_{тр} = f \cdot N$;

где m – масса частицы, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; r – расстояние от центра вращения до частицы, м (находится в диапазоне от R_0 до R_0+h); ω – угловая скорость вращения диска туковывсевающего аппарата, с⁻¹; f – коэффициент трения; N – сумма сил по нормали к стенке ячейки, Н.

Определим сумму сил, действующих на частицу удобрений в момент разгрузки ячейки диска (рисунок 2):

$$\Sigma F = -m \cdot g \cdot \sin \Psi - F_{ц} \cdot \sin \Psi + F_{к} \cdot \sin (90^\circ - \Psi), \quad (1)$$

$$F_{мп} = (-m \cdot g \cdot \sin \Psi - F_{ц} \cdot \sin \Psi + F_{к} \cdot \sin (90^\circ - \Psi)) \cdot f. \quad (2)$$

С целью идеализации условий движения частицы исключим влияние силы трения $F_{тр}$ на частицу удобрений при разгрузке ячейки приравняв ее к нулю. При таком условии частица удобрений будет двигаться вдоль задней стенки без скольжения.

Тогда получим

$$-m \cdot g \cdot \sin \Psi - F_{ц} \cdot \sin \Psi + F_{к} \cdot \sin (90^\circ - \Psi) = 0, \quad (3)$$

$$-m \cdot g \cdot \sin \Psi - m \cdot (R_0+h) \cdot \omega^2 \cdot \sin \Psi + 2 \cdot m \cdot \omega^2 \cdot (R_0+h) \cdot \sin (90^\circ - \Psi) = 0. \quad (4)$$

Разделим обе части уравнения на m и преобразуем $\sin (90^\circ - \Psi) = \cos \Psi$:

$$-g \cdot \sin \Psi - (R_0+h) \cdot \omega^2 \cdot \sin \Psi + 2 \cdot \omega^2 \cdot (R_0+h) \cdot \cos \Psi = 0, \quad (5)$$

разделим выражение (5) на $\sin \Psi$, получим $2 \cdot \omega^2 \cdot (R_0+h) \cdot \operatorname{ctg} \Psi - g - (R_0+h) \cdot \omega^2 = 0$.

После упрощения

$$2 \cdot \omega^2 \cdot (R_0+h) \cdot \operatorname{ctg} \Psi = g + (R_0+h) \cdot \omega^2, \quad (6)$$

выразим из выражения (6) угол Ψ :

$$\operatorname{ctg} \Psi = \frac{g + \omega^2(R_0+h)}{2\omega^2(R_0+h)} = \frac{g}{2\omega^2(R_0+h)} + \frac{1}{2},$$

$$\Psi = \operatorname{arccctg} \left(\frac{g}{2\omega^2(R_0+h)} + \frac{1}{2} \right). \quad (7)$$

По аналогии с существующими дисками принимаем минимальный радиус диска $R_0 = 0,085$ м [5], при этом в качестве переменных значений представим глубину ячейки h и угловую скорость вращения диска ω .

Тогда зависимость (7) для вращающегося диска ($\omega \neq 0$) примет вид:

$$\Psi = \operatorname{arccctg} \left(\frac{9,81}{2\omega^2(0,085+h)} + \frac{1}{2} \right). \quad (8)$$

Приведем графическую интерпретацию зависимости угла наклона задней стенки ячейки диска туковывсевающего аппарата от угловой скорости и от глубины ячейки по уравнению (8) в пределах: $\omega \in (0,0001 \dots 6)$, $h \in (0 \dots 0,04)$, $\Psi \in (0 \dots 60^\circ)$ (рисунок 3).

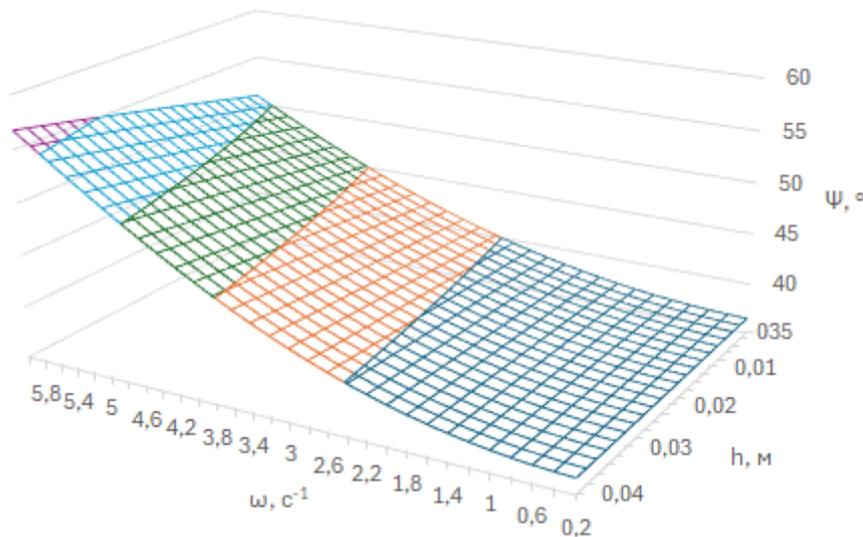


Рис. 3 – График зависимости угла наклона задней стенки от угловой скорости и глубины ячейки

Анализ графика показал, что с увеличением угловой скорости и глубины ячейки увеличивается и угол наклона задней стенки ячейки. При этом условии, при котором происходит беспрепятственное движение частицы удобрений вдоль задней стенки ячейки под удобрением, примет вид:

$$\Psi_{\text{факт}} \geq \Psi_{\text{макс}}. \quad (9)$$

Во время посева при внесении удобрений диск вращается с постоянной угловой скоростью, обеспечивающей синхронную подачу порций удобрений относительно семян. С учетом постоянной угловой скорости, обеспечивающей подачу порций удобрений $\omega = 2$ с⁻¹ при радиусе диска $R_0 = 0,085$ м [12] построим график зависимости угла наклона задней стенки от глубины ячейки (рисунок 4).

Анализ графика, представленного на рисунке 4, показал, что при постоянной угловой скорости ω с увеличением глубины ячейки h происходит незначительное увеличение искомого угла Ψ . Таким образом, при радиусе диска $R_0=0,085$ м ($h=0$) угол $\Psi_1=38,1^\circ$, а при радиусе диска R_{\max} ($h=0,03$ м) угол составляет $\Psi_2=38,67^\circ$. То есть, при движении частицы удобрений вдоль задней стенки ячейки диска на расстояние $h=0,03$ м угол Ψ изменится меньше, чем на один градус. Отсюда следует вывод, что заднюю стенку ячейки диска следует выполнить прямой с фиксированным углом, исходя из условия (9), обеспечивающего беспрепятственную разгрузку ячейки.

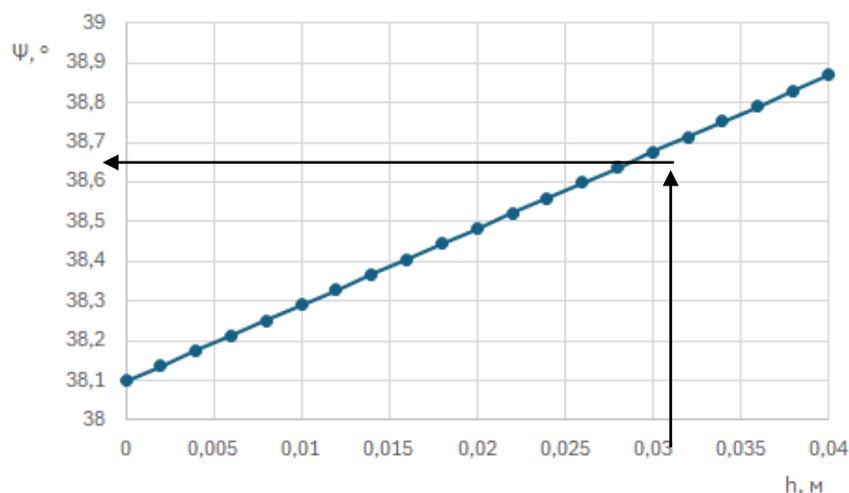


Рис. 4 – График зависимости угла наклона задней стенки от глубины ячейки при $\omega=2$ с⁻¹

Данные расчеты позволят повысить технологичность при изготовлении туковывсевающего аппарата и обеспечат беспрепятственную разгрузку ячейки при внесении удобрений. Кроме того, пользуясь материалами статьи и задаваясь конструктивными параметрами высевающего аппарата, появляется возможность определения режимных параметров для проектируемых перспективных туковывсевающих аппаратов сеялок.

Выводы. На основании представленных выше соображений можно сделать следующие выводы.

- 1) Обоснование параметров задней стенки ячейки диска туковывсевающего аппарата сеялки проведено с учетом силы веса частицы, центробежной силы и силы Кориолиса с учетом отсутствия силы трения.
- 2) Для обеспечения семян локальной порцией удобрений в полном объеме при радиусе диска туковывсевающего аппарата $R_0=0,085$ м и глубине ячейки $h=0,03$ м угол наклона задней стенки ячейки диска туковывсевающего аппарата должен быть не менее $\Psi=38,67^\circ$.
- 3) На основании материалов исследования, задаваясь конструктивными параметрами высевающего аппарата, появляется возможность определения режимных параметров для проектируемых перспективных туковывсевающих аппаратов сеялок.

Библиография

1. Шафран С.А. Развитие исследований по диагностике минерального питания растений (обзор публикаций в журнале «Агрохимия» за 50 лет) / С. А. Шафран // Агрохимия. 2014. № 3. С. 3–11.
2. Кидин В.В. Агрохимия : учебник / В. В. Кидин, С. П. Торшин. Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Проспект», 2024. 608 с. ISBN 978-5-392-40018-8.
3. Агрохимия: Учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, Г. П. Гамзиков [и др.]. М. : Издательство Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с. ISBN 978-5-9238-0236-8.
4. Савельев Е.А., Сахнов А.В. Технические средства для посева пропашных культур // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы Международной научной конференции, Майский, 14–15 марта 2023 года. Том 4. Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. С. 222.
5. Ресурсосбережение при посеве зерновых культур / Н. Ф. Скурятин, А. С. Новицкий, А. П. Захаржевский [и др.]. Москва-Белгород : Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2015. 200 с. ISBN 978-5-905563-55-3.
6. Сметнев А.С., Скобеев И.Н. Комбинированный сошник для одновременного внесения семян и минеральных удобрений // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. С. 13–14.
7. Высевающий аппарат зерновой сеялки, желобки секционной катушки которого выполнены в форме части тора. Теория, конструкция, расчет / Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, В. В. Шумаев [и др.]. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2020. 179 с. ISBN 978-5-907181-95-3.
8. Высевающий аппарат зерновой сеялки с увеличенным объемом желобков катушки. Теория, конструкция, расчет / Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, В. В. Шумаев, Р. Р. Девликамов. Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2019. 176 с.
9. Утениязов П.А. Теоретическое исследование взаиморасположения рабочих органов комбинированного агрегата // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12, № 6. С. 4–8. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-6-4-8.
10. Патент № 2295847 С2 Российская Федерация, МПК А01В 79/02, А01В 49/06. Способ внесения минеральных удобрений одновременно с посевом семян пропашных культур и устройство для его осуществления: № 2005109904/12 : заявл. 05.04.2005 : опубл. 27.03.2007 / Н. Ф. Скурятин, П. Р. Курсенко, А. В. Сахнов, С. Н. Алейник ; заявитель ФГОУ ВПО «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия».
11. Патент № 2806560 С1 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Пневматический высевающий аппарат сеялки точного высева : № 2023102566 : заявл. 03.02.2023 : опубл. 01.11.2023 / А. В. Сахнов, Е. А. Савельев, Л. Ю. Сахнова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государ-

ственный аграрный университет имени В.Я. Горина».

12. Сеялка технических культур очагового внесения минеральных удобрений / Н. Ф. Скурятин, П. Р. Курсенко, А. В. Сахнов // Бюллетень научных работ Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина. 2006. № 6. С. 81–83.

References

1. Shafran S.A. The development of research on the diagnosis of mineral nutrition of plants (review of publications in the journal «Agrochemistry» for 50 years) [Razvitie issledovaniy po diagnostike mineral'nogo pitaniya rasteniy (obzor publikacij v zhurnale «Agrohimiya» za 50 let)] / S. A. Shafran // Agrochemistry. 2014. № 3. Pp. 3–11.
2. Kidin V.V. Agrochemistry : textbook [Agrohimiya : uchebnik] / V. V. Kidin, S. P. Torshin. Moscow : Prospekt Limited Liability Company, 2024. 608 p. ISBN 978-5-392-40018-8.
3. Agrohimiya [Agrochemistry]: uchebnik / V. G. Mineev, V. G. Sychev, G. P. Gamzikov [i dr.]. M. : Izdatel'stvo Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta agrohimii im. D.N. Pryanishnikova, 2017. 854 s. ISBN 978-5-9238-0236-8.
4. Savel'ev E.A., Sahnov A.V. Tekhnicheskie sredstva dlya poseva propashnyh kul'tur [Technical means for sowing row crops] // Gorinskie chteniya. Innovacionnye resheniya dlya APK : Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Majskej, 14–15 marta 2023 goda. Tom 4. Majskej : Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.Ya. Gorina, 2023. S. 222.
5. Resursosberezhenie pri poseve zernovyh kul'tur [Resource saving when sowing grain crops] / N. F. Skuryatin, A. S. Novickij, A. P. Zaharzhenskij [i dr.]. Moskva-Belgorod : Central'nyj kollektor bibliotek «BIBKOM», 2015. 200 s. ISBN 978-5-905563-55-3.
6. Smetnev A.S., Skobeev I.N. Kombinirovannyj soshnik dlya odnovremennogo vneseiya semyan i mineral'nyh udobrenij [Combined coulter for simultaneous application of seeds and mineral fertilizers] // Traktory i sel'hozmashiny. 2011. № 2. S. 13–14.
7. Vysevayushchij apparat zernovoj seyalki, zhelobki sekcionnoj katushki kotorogo vypolneny v forme chasti tora [The sowing apparatus of a grain seeder, the grooves of the sectional coil are made in the form of a part of a torus]. Teoriya, konstrukciya, raschet / N. P. Laryushin, A. V. Shukov, V. V. Shumaev [i dr.]. Penza : Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020. 179 s. ISBN 978-5-907181-95-3.
8. Vysevayushchij apparat zernovoj seyalki s uvelichennym ob'yomom zhelobkov katushki [Seeding unit of a grain seeder with an increased volume of coil grooves]. Teoriya, konstrukciya, raschet / N. P. Laryushin, A. V. Shukov, V. V. Shumaev, R. R. Devlikamov. Penza : Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019. 176 s.
9. Uteniyazov P.A. Teoreticheskoe issledovanie vzaimoraspolzheniya rabochih organov kombinirovannogo agregata [Theoretical study of the relative position of the working bodies of the combined unit] // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2018. T. 12, № 6. S. 4–8. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-6-4-8.
10. Patent № 2295847 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK A01B 79/02, A01B 49/06. Sposob vneseiya mineral'nyh udobrenij odnovremennno s posevom semyan propashnyh kul'tur i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya [Method of applying mineral fertilizers simultaneously with sowing seeds of row crops and a device for its implementation]: № 2005109904/12 : zayavl. 05.04.2005 : opubl. 27.03.2007 / N. F. Skuryatin, P. R. Kursenko, A. V. Sahnov, S. N. Alejnik ; zayavitel' FGOU VPO «Belgorodskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya».
11. Patent № 2806560 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01C 7/04. Pnevmaticheskij vysevayushchij apparat seyalki tochnogo vyseva [Pneumatic seeding device of precision seed drill]: № 2023102566 : zayavl. 03.02.2023 : opubl. 01.11.2023 / A. V. Sahnov, E. A. Savel'ev, L. Yu. Sahnova ; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.Ya. Gorina».
12. Seyalka tekhnicheskikh kul'tur ochagovogo vneseiya mineral'nyh udobrenij [Seeder of industrial crops for focal application of mineral fertilizers] / N. F. Skuryatin, P. R. Kursenko, A. V. Sahnov // Byulleten' nauchnyh rabot Belgorodskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.Ya. Gorina. 2006. № 6. S. 81–83.

Сведения об авторах

Сахнов Андрей Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7(4722) 39-28-70, e-mail: sakhnovav@mail.ru.

Стребков Сергей Васильевич, кандидат технических наук, профессор кафедры технического сервиса в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7(4722) 39-28-70, e-mail: strebkov_sv@bsaa.edu.ru.

Бондарев Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7(4722) 39-27-02, e-mail: bondarev_av@bsaa.edu.ru.

Information about authors

Sakhnov Andrey Vasilyevich, candidate of technical Sciences, associate Professor of technical service in agriculture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel.+74722 39-28-70, e-mail: sakhnovav@mail.ru.

Strebkov Sergey Vasilievich, candidate of technical sciences, professor of technical service in agriculture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel.+74722 39-28-70, e-mail: strebkov_sv@bsaa.edu.ru.

Bondarev Andrey Vladimirovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of technical service in agriculture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel.+74722 39-27-02, e-mail: bondarev_av@bsaa.edu.ru.

УДК 681.518.5

Е.П. Тимашов

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Аннотация. Важной составляющей обеспечения надежности узлов механических передач является техническая диагностика. Для максимальной эффективности диагностирование должно производиться автоматически с использованием встроенных средств и программного обеспечения. Подшипники качения, используемые в механических трансмиссиях, нуждаются в применении такой технологии диагностирования, причем, наиболее применимым методом диагностики является тепловой метод. Цель исследования – разработка и обоснование методики анализа температурного состояния подшипниковых узлов для их автоматического диагностирования. В качестве диагностируемых узлов использованы подшипниковые узлы и подшипники различных типов, причем не только опорные, но и силовые, например, игольчатые подшипники карданных шарниров. В исследовании использованы методы тепловизионного наблюдения, конечно-элементного анализа, а также основные положения термодинамики и триботехники. Для температурной характеристики технического состояния подшипникового узла, приближенной к предельному состоянию, необходимо дать температурную характеристику подшипникового узла в его работоспособном состоянии, при номинальных нагрузках. Для оценки температурной характеристики подшипникового узла, на основе проведенных ранее исследований, разработана методика анализа температурного состояния подшипниковых узлов для их автоматического диагностирования. Исследования, проведенные по разработанной методике над различными подшипниковыми узлами, показали расхождение экспериментальных и опытных данных в пределах от 1,4 % и до 19,9 %, что позволяет сделать вывод о применимости методики.

Ключевые слова: надежность, трансмиссия, автоматическая диагностика, подшипник.

METHOD OF ANALYSIS OF THE TEMPERATURE STATE OF BEARING UNITS TO ENSURE THEIR AUTOMATIC DIAGNOSTICS

Abstract. An important component of ensuring the reliability of mechanical transmission units is technical diagnostics. For maximum efficiency, diagnostics should be performed automatically using built-in tools and software. Rolling bearings used in mechanical transmissions require the use of such diagnostic technology, and the most applicable diagnostic method is the thermal method. The purpose of the study is to develop and substantiate a methodology for analyzing the temperature state of bearing units for their automatic diagnostics. Bearing units and bearings of various types are used as diagnostic units, not only support ones, but also power ones, for example, needle bearings of cardan joints. The study uses thermal imaging methods, finite element analysis, as well as the basic principles of thermodynamics and tribotechnics. For the temperature characteristic of the technical state of a bearing unit, close to the limit state, it is necessary to give a temperature characteristic of the bearing unit in its working condition, under nominal loads. To assess the temperature characteristics of the bearing unit, based on previously conducted studies, a method for analyzing the temperature state of bearing units for their automatic diagnostics has been developed. Studies conducted using the developed method on various bearing units have shown a discrepancy between experimental and trial data within the range from 1.4 % to 19.9 %, which allows us to conclude that the method is applicable.

Keywords: reliability, transmission, automatic diagnostics, bearing.

Введение. Важной составляющей обеспечения надежности узлов механических передач является техническая диагностика. Эффективное применение технической диагностики возможно в случае минимизации трудоемкости и сопутствующих затрат. Дополнительный экономический эффект при эксплуатации техники можно получить за счет повышения вероятности безотказной работы и коэффициента технического использования при эффективной технической диагностике [1-6]. В этом случае диагностирование должно производиться автоматически с использованием встроенных средств и программного обеспечения [7-14]. Поэтому реализация автоматической диагностики подшипников качения, являющихся неотъемлемой частью механических трансмиссий, остается актуальной задачей.

Анализ исследований в области автоматической диагностики подшипников качения показал, что наиболее применимым методом диагностики является тепловой метод [15, 16].

Цель исследования – разработка и обоснование методики анализа температурного состояния подшипниковых узлов для их автоматического диагностирования.

Материал и методы. В качестве диагностируемых узлов использованы следующие подшипниковые узлы и подшипники: 6203-2RS Timken (привод решетного стана комбайна CLAAS TUCANO 580), 50412 ГОСТ 2893-82 (КПП КамАЗ 152), 53610 ГОСТ 24696-81 (КПП КамАЗ 152), 311 ГОСТ 8338-75 (средний мост КамАЗ 6×4), 60310 ГОСТ 7242-81 (привод ВОМ Беларус-82.1), игольчатые подшипники карданного шарнира К 040 ГОСТ 13758-89 (при стендовых испытаниях), игольчатые подшипники карданного шарнира К 100 ГОСТ 13758-89 (при стендовых испытаниях), игольчатые подшипники карданного шарнира Walterscheid 2200 (привод жатки CERIO 770), игольчатые подшипники карданного шарнира Eurocardan Size 5 (привод жатки ZAFFRANI 940N), игольчатые подшипники карданного шарнира тип 3 ряд IV ГОСТ Р 52923-2008 (привод от КПП к среднему мосту КамАЗ 6×4). Испытания проводились как в условиях реальной эксплуатации, так и с использованием стендового оборудования [17]. В качестве измерительных приборов использованы цифровые контактные термометры Орбита-101, инфракрасные пирометры Кеерер IR330 Plus и тепловизор Uni-T с погрешностью $\pm 0,5$ °С, а также новое устройство – цифровой регистратор неисправности трансмиссии. Для цифрового моделирования распределения температуры подшипникового узла применена библиотека APM FEM в программе КОМПАС-3D.

В исследовании использованы методы тепловизионного наблюдения, конечно-элементного анализа, а также основные положения термодинамики и триботехники.

Результаты исследования и обсуждения. Тепловой метод технической диагностики предполагает диагностирование по сопутствующему параметру – температуре в зоне трения подшипника. При этом диагностическим критерием является превышение предельной температуры. Предельная температура для подшипников качения может находиться в пределах 180...300 °С, в зависимости от конструкции подшипника, материалов его деталей и смазки. Кроме этого, установлено, что

скорость изменения температуры также является важным диагностическим критерием [18]. Таким образом, для использования технических средств автоматической диагностики необходимо определить величины предельной температуры и предельной скорости ее изменения для каждого конкретного подшипникового узла.

Уровень тепловыделения работающего подшипникового узла служит индикатором его технического состояния. Для температурной характеристики технического состояния подшипникового узла, приближенной к предельному состоянию, необходимо дать температурную характеристику подшипникового узла в его работоспособном состоянии, при номинальных нагрузках. То есть разработать методическую основу для назначения величин диагностических критериев и применения автоматической диагностики. Температура в зоне трения, соответствующая номинальным нагрузкам и работоспособному состоянию подшипника, является характерной для нормального режима работы подшипника. Превышение этой температуры может служить диагностическим критерием предотказного состояния, а достижение температуры в зоне трения величины температуры каплепадения используемого смазочного материала свидетельствует о предельном состоянии объекта диагностирования. Таким образом, получение величин характерных температур необходимо для настройки порогов срабатывания автоматических устройств диагностирования, таких как цифровой регистратор неисправности трансмиссии.

Так как объектами диагностирования являются подшипниковые узлы, работающие в механических трансмиссиях, то необходимо провести первичное тепловизионное наблюдение. Для этого используют современные тепловизоры и программное обеспечение, позволяющее измерить температуру любой точки на поверхности агрегата механической трансмиссии. При этом важно производить съемку работающей машины, с прогретыми узлами, вышедшими на уровень теплового баланса с окружающей средой. Предварительное тепловизионное наблюдение позволяет дать оценку наружных поверхностей и выявить характерные точки для последующей установки датчиков температуры. Картина распределения температуры на поверхности позволяет оценить влияние смежных источников тепловыделения на температуру в зоне ее измерения. Предварительное тепловизионное наблюдение позволяет дать оценку температурного состояния наружных поверхностей узла или агрегата и выявить характерные точки для последующей установки датчиков температуры. При проектировании автоматической системы диагностирования подшипниковых узлов необходимо выбирать зоны для установки датчиков температуры так, чтобы датчик располагался как можно ближе к источнику тепловыделения – зоне трения, и одновременно с этим, как можно дальше от смежных источников тепловыделения. Измерение температуры таких характерных точек на поверхности работающего агрегата трансмиссии необходимо также для последующей верификации математических моделей, по которым производят вычисления температуры в зоне трения, как функции от нагрузочных параметров. На рисунке 1 приведен пример тепловизионной съемки работающей машины.

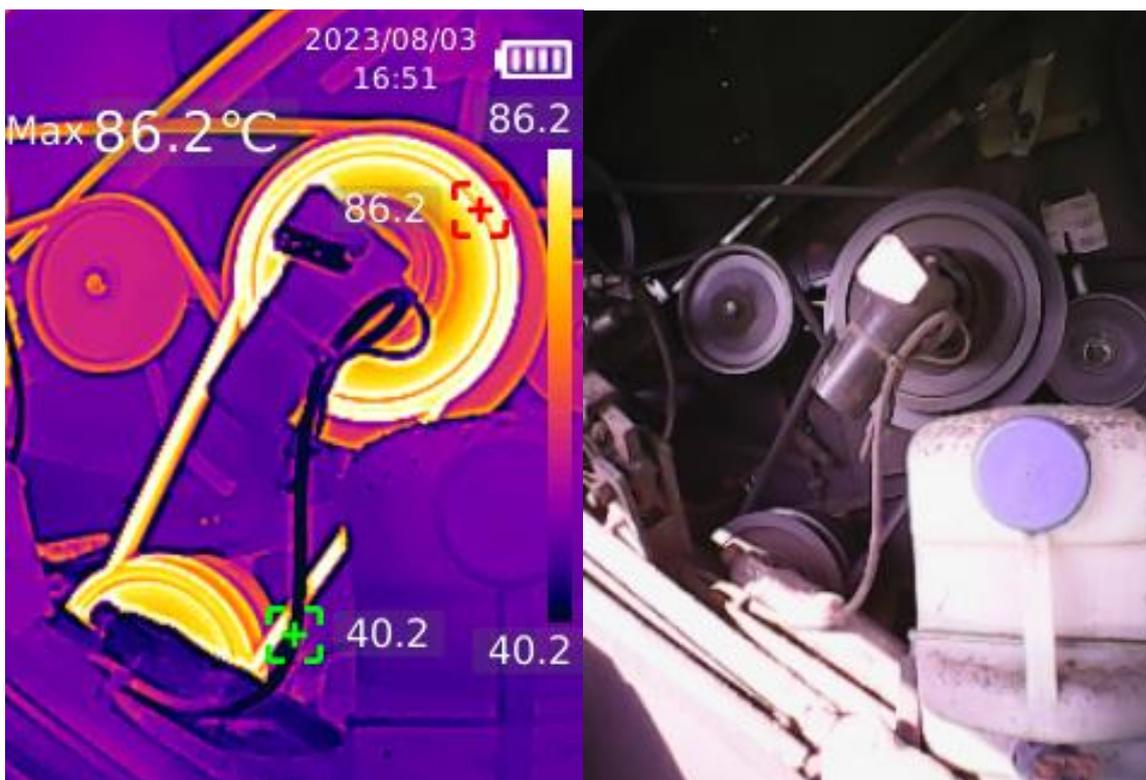


Рис. 1 – Тепловизионная съемка (подшипниковый узел привода вентилятора комбайна CLAAS TUCANO 580)

Следующий этап методики заключается в теоретическом определении температуры в зоне трения подшипника. Для этого изучают кинематическую схему и динамические параметры агрегата трансмиссии. Например, при анализе кинематической схемы коробки перемены передач вычисляют силы в зацеплениях на каждой передаче, проводят статический расчет валов и определяют реакции в подшипниковых опорах. Угловые скорости вращения валов в опорах также вычисляют для каждой передачи. С учетом статистических данных о продолжительности работы коробки перемены передач на каждой передаче вычисляют усредненные значения нагрузки и угловой скорости. На рисунке 2 приведен пример такого анализа агрегата трансмиссии.

После установления нагрузочных параметров вычисляют теоретическую величину температуры в зоне трения по аналитической зависимости, представленной в [19, 20]. После этого необходимо с учетом распределения тепловых потоков, влияния температуры окружающей среды и смежных источников тепловыделения установить взаимосвязь между темпера-

турой в зоне трения и температурой в зоне измерения, как коэффициент пропорциональности конечно-элементной модели [21]. На рисунке 3 приведен пример применения конечно-элементного анализа для изучения теоретического распределения температуры исследуемого узла.

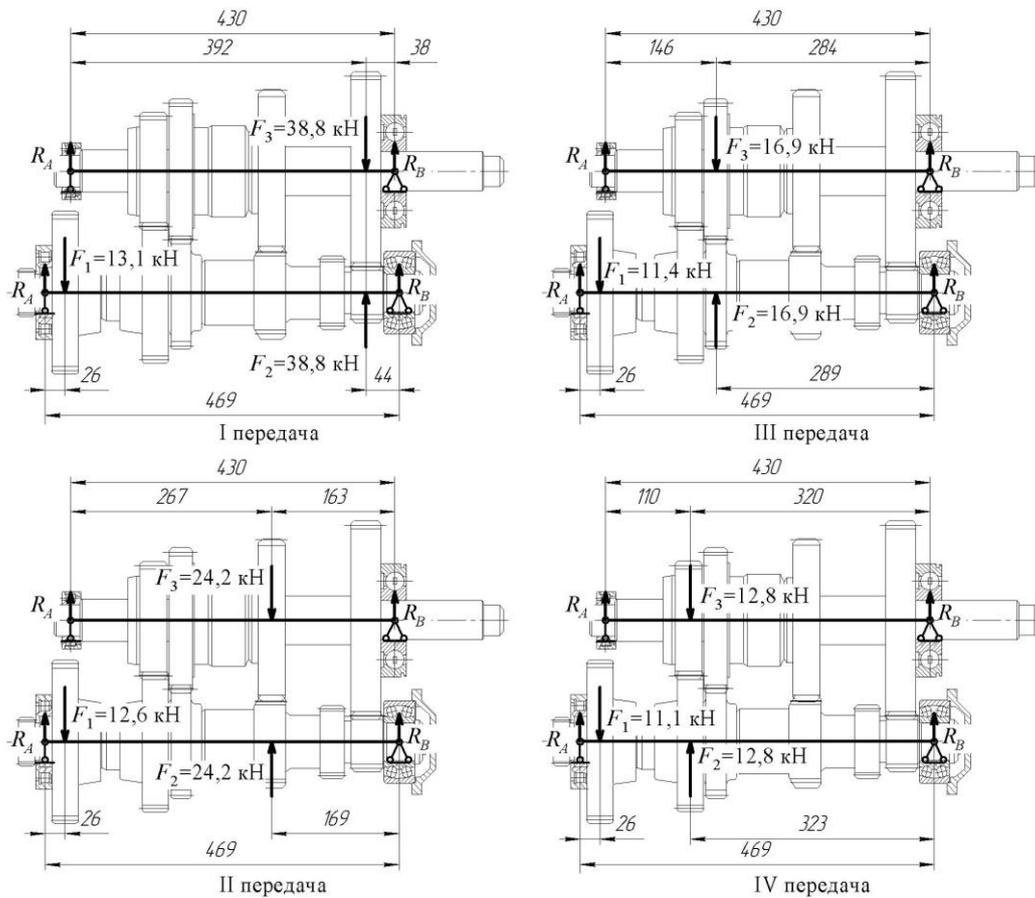


Рис. 2 – Кинематический анализ агрегата трансмиссии (КПП КамАЗ 152)

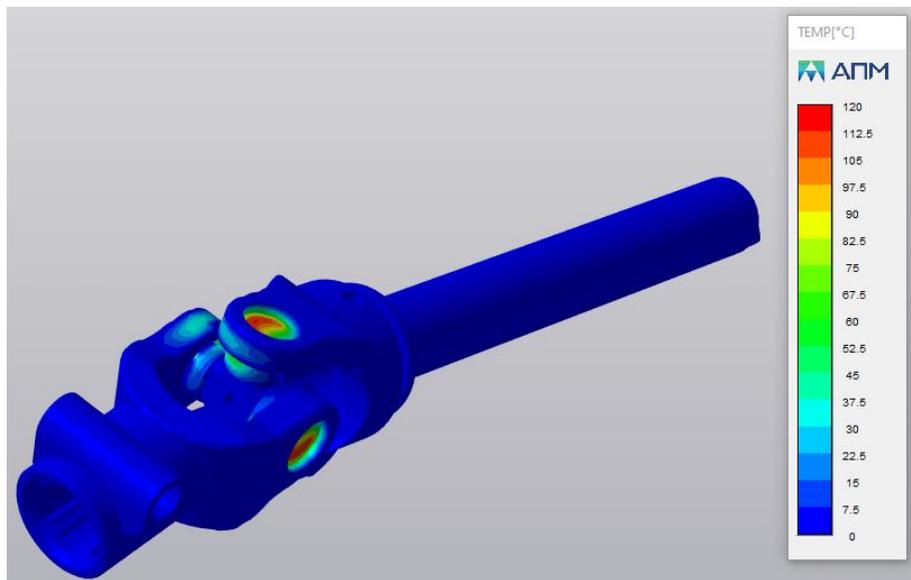


Рис. 3 – Карты температурных полей (карданный шарнир Walterscheid 2200)

Полученный коэффициент пропорциональности конечно-элементной модели используют для вычисления температуры в зоне трения с учетом ранее проведенных тепловизионных измерений, то есть, температуру, измеренную тепловизором, делят на коэффициент пропорциональности конечно-элементной модели и получают температуру в зоне трения, определенную расчетно-экспериментальным методом.

Если установлена сходимость между экспериментальной величиной температуры и расчетно-экспериментальной величиной, то можно сделать вывод о применимости аналитической зависимости в частности и методики в целом для обеспечения автоматической диагностики подшипниковых узлов. На рисунке 4 представлена структурная схема разработанной методики.

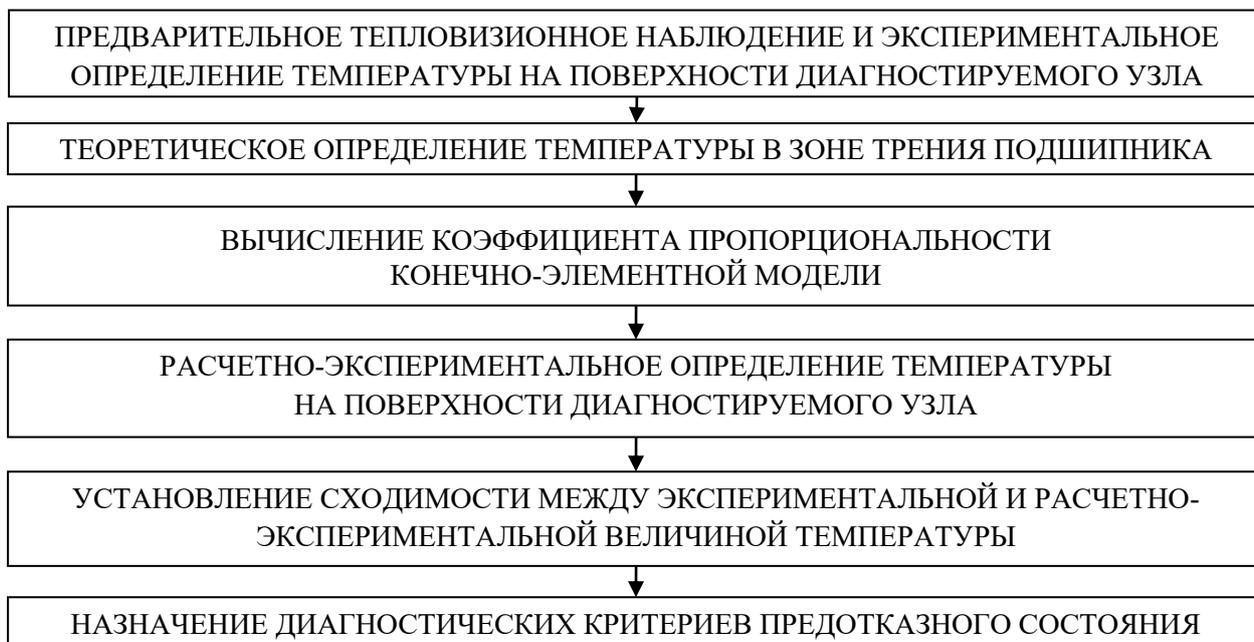


Рис. 4 – Структурная схема методики анализа температурного состояния подшипниковых узлов для их автоматического диагностирования

Исследования, проведенные по разработанной методике над различными подшипниковыми узлами, показали расхождение экспериментальных и опытных данных в пределах от 1,4 % и до 19,9 %, что позволяет сделать вывод о применимости методики. Величины температур в зоне трения, получаемые по этой методике, являются характерными для нормального режима работы подшипника при номинальных нагрузках. Поэтому превышение полученных температур можно использовать как диагностический критерий предотказного состояния, а достижение температуры в зоне трения величины температуры каплепадения используемого смазочного материала свидетельствует о предельном состоянии объекта диагностирования.

Выводы. На основании приведенных выше соображений можно сделать следующие выводы.

1. Обоснована необходимость разработки методики анализа температурного состояния подшипниковых узлов для обеспечения их автоматического диагностирования.
2. На основе обобщения теоретических и экспериментальных результатов предложена методика анализа температурного состояния подшипниковых узлов для обеспечения их автоматического диагностирования.
3. Исследования, проведенные по разработанной методике над различными подшипниковыми узлами, показали расхождение экспериментальных и опытных данных в пределах от 1,4 % и до 19,9 %, что позволяет сделать вывод о применимости методики.
4. Таким образом, в результате применения данной методики открывается перспектива формирования базы данных и развития технической составляющей разработки системы мониторинга технического состояния трансмиссий транспортных и технологических машин на основе телематических систем.

Библиография

1. 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/.
2. 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.
3. Zhou P., Sun L., Zhou G. A New Embedded Condition Monitoring Node for the Idler Roller of Belt Conveyor // *IEEE Sensors Journal*. 2024. Vol. 24, № 7. P. 10335–10346. DOI 10.1109/jsen.2024.3363905.
4. 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.
5. Procedure for Determining the Limit State Parameters of John Deere Tractor Transmission Units / M. N. Erokhin, A. G. Pastukhov, S. P. Kazantsev, I. N. Kravchenko // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Zernograd, Rostov Region, 27–28 августа 2020 года. Zernograd, Rostov Region, 2021. P. 012029. DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012029.
6. Karagodin V.I., Kharugin 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.
7. Малюгин В.О., Карагодин В.И. Исследование взаимосвязи диагностических показателей с отказами передней подвески автомобилей // *Грузовик*. 2014. № 8. С. 29–31.
8. Карагодин В.И., Зиманов Л.Л. Обоснование состава и периодичности выполнения контрольно-диагностических и восстановительных операций при техническом обслуживании автомобилей // *Транспорт Урала*. 2024. № 2(81). С. 56–61. DOI 10.20291/1815-9400-2024-2-56-61.
9. Зиманов Л.Л., Карагодин В.И., Кондратьев И.В. [и др.] Повышение достоверности диагностирования автомобилей и транспортно-технологических машин с применением искусственного интеллекта // *Транспортное дело России*. 2024. № 2. С. 189–191.

10. Kataev Yu., Chepurina E., Kushnareva D. [et al.] Technical support system for energy-installed agricultural equipment in the agricultural industry // International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, 23–25 октября 2023 года. Vol. 93. Les Ulis, 2024. P. 03017. DOI 10.1051/bioconf/20249303017.
11. Dai J., Tian L., Chang H. An Intelligent Diagnostic Method for Wear Depth of Sliding Bearings Based on MGCNN // Machines. 2024. Vol. 12, № 4. P. 266. DOI 10.3390/machines12040266.
12. Lu R., Liu Sh., Gong Z. [et al.] Lightweight Knowledge Distillation-Based Transfer Learning Framework for Rolling Bearing Fault Diagnosis // Sensors. 2024. Vol. 24, № 6. P. 1758. DOI 10.3390/s24061758.
13. Lu Ya., Lu X., Ye G. [et al.] Thermal Failure Analysis of Gear Transmission System // Journal of Failure Analysis and Prevention. 2024. Vol. 24, № 2. P. 520–537. DOI 10.1007/s11668-024-01854-5.
14. Santos M.R., Guedes A., Sanchez-Gendriz I. SHapley Additive exPlanations (SHAP) for Efficient Feature Selection in Rolling Bearing Fault Diagnosis // Machine Learning and Knowledge Extraction. 2024. Vol. 6, № 1. P. 316–341. DOI 10.3390/make6010016.
15. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П. Оценка теплонпряженности агрегатов трансмиссий на основе системного подхода // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 129. С. 73–78.
16. 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.
17. Патент № 2205377 С1 Российская Федерация, МПК G01M 13/02. Стенд для испытания карданных передач : № 2002112352/28 : заявл. 07.05.2002 : опубл. 27.05.2003 / А. Г. Пастухов, Е. П. Тимашов, А. И. Кошелев ; заявитель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия.
18. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П. Проектирование контролепригодных узлов механических трансмиссий // Вестник машиностроения. 2021. № 7. С. 22–26. DOI 10.36652/0042-4633-2021-7-22-26.
19. Тимашов Е.П., Тимашов А.П., Миненко А.А. Термометрическая диагностика карданного шарнира привода жатки CERIO 770 // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2(26). С. 94–105.
20. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П. Диагностирование опорных узлов трансмиссии на основе изучения термонагруженности // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17, № 2. С. 61–68. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-2-61-68.
21. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П., Бахарев Д.Н. Обобщенная оценка основных факторов при проектировании техники и технологий в агроинженерии // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 1(29). С. 17–26.

References

1. 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.
2. Gligorić R., Ašonja A., Pastukhov A., Kuznetsov Y., Degtyarev M., Molnar T. Measuring of reliability of cardan shaft // Agrotehnika i energoobespechenie. 2014. № 1(1). 368–374.
3. Zhou P., Sun L., Zhou G. A New Embedded Condition Monitoring Node for the Idler Roller of Belt Conveyor // IEEE Sensors Journal. 2024. Vol. 24, № 7. P. 10335–10346. DOI 10.1109/jsen.2024.3363905.
4. 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.
5. Procedure for Determining the Limit State Parameters of John Deere Tractor Transmission Units / M. N. Erokhin, A. G. Pastukhov, S. P. Kazantsev, I. N. Kravchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Zernograd, Rostov Region, 2021. P. 012029. DOI 10.1088/1755-1315/659/1/012029.
6. 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.
7. Malutin B.O., Karagodin V.I. Issledovaniye vzaimosvyazi diagnosticheskikh pokazateley s otkazami peredney podveski avtomobilye [Study of the relationship between diagnostic indicators and failures of the front suspension of vehicles] // Gruzovik. 2014. № 8. S. 29–31.
8. Karagodin V.I. Zimanov L.L. Obosnovaniye sostava i periodichnosti vypolneniya kontrol'no-diagnosticheskikh i vosstanovitel'nykh operatsiy pri tekhnicheskoy obsluzhivaniy avtomobilye [Justification of the composition and frequency of performance of control, diagnostic and recovery operations during vehicle maintenance] // Transport Urala. 2024. № 2(81). S. 56–61. DOI 10.20291/1815-9400-2024-2-56-61.
9. Zimanov L.L., Karagodin V.I., Kondrat'yev I.V. [et al.]. Povysheniye dostovernosti diagnostirovaniya avtomobilye i transportno-tekhnologicheskikh mashin s primeneniyyem iskusstvennogo intellekta [Improving the reliability of diagnostics of cars and transport and technological machines using artificial intelligence] // Transportnoye delo Rossii. 2024. № 2. S. 189–191.
10. Kataev Yu., Chepurina E., Kushnareva D. [et al.] Technical support system for energy-installed agricultural equipment in the agricultural industry // International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, 23–25 октября 2023 года. Vol. 93. Les Ulis, 2024. P. 03017. DOI 10.1051/bioconf/20249303017.
11. Dai J., Tian L., Chang H. An Intelligent Diagnostic Method for Wear Depth of Sliding Bearings Based on MGCNN. Machines. 2024. Vol. 12, № 4. P. 266. DOI 10.3390/machines12040266.
12. Lu R., Liu Sh., Gong Z. [et al.] Lightweight Knowledge Distillation-Based Transfer Learning Framework for Rolling Bearing Fault Diagnosis // Sensors. 2024. Vol. 24, № 6. P. 1758. DOI 10.3390/s24061758.
13. Lu Ya., Lu X., Ye G. [et al.] Thermal Failure Analysis of Gear Transmission System // Journal of Failure Analysis and Prevention. 2024. Vol. 24, № 2. P. 520–537. DOI 10.1007/s11668-024-01854-5.
14. Santos M.R., Guedes A., Sanchez-Gendriz I. SHapley Additive exPlanations (SHAP) for Efficient Feature Selection in Rolling Bearing Fault Diagnosis // Machine Learning and Knowledge Extraction. 2024. Vol. 6, № 1. P. 316–341. DOI 10.3390/make6010016.
15. Pastukhov A.G., Timashov E.P. Otsenka teplonapryazhennosti agregatov transmissiy na osnove sistemnogo podkhoda [Assessment of thermal stress of transmission units based on a systems approach] // Trudy GOSNITI. 2017. Т. 129. С. 73–78.

16. 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.
17. Patent № 2205377 C1 Russian Federation, IPC G01M 13/02. Test rig for cardan transmissions: № 2002112352/28: declared 07.05.2002: published 27.05.2003 / A. G. Pastukhov, E. P. Timashov, A. I. Koshelev; applicant Belgorod State Agricultural Academy.
18. Pastukhov A.G., Timashov Ye.P. *Proyektirovaniye kontroleprigodnykh uzlov mekhanicheskikh transmissiy* [Design of testable units of mechanical transmissions] // *Vestnik mashinostroyeniya*. 2021. № 7. S. 22–26. DOI 10.36652/0042-4633-2021-7-22-26.
19. Timashov E.P., Timashov A.P., Minenko A.A. *Termometricheskaya diagnostika kardannogo sharnira privoda zhatki CERIO 770* [Thermometric diagnostics of the cardan joint of the CERIO 770 header drive] // *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2020. № 2(26). S. 94–105.
20. Pastukhov A.G., Timashov E.P. *Diagnostirovaniye opornykh uzlov transmissii na osnove izucheniya termonagruzhennosti* [Diagnostics of transmission support units based on the study of thermal loading] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2023. T. 17, № 2. S. 61–68. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-2-61-68.
21. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Bakharev D.N. *Obobshchennaya otsenka osnovnykh faktorov pri proyektirovanii tekhniki i tekhnologiy v agroinzhenerii* [Generalized assessment of the main factors in the design of equipment and technologies in agricultural engineering] // *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2021. № 1(29). S. 17–26.

Сведения об авторе

Тимашов Евгений Петрович, доктор 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.

Information about author

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

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 631.434

С.А. Дмитриенко, В.Б. Азаров, Н.И. Клостер

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ УДОБРЕННОСТИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

Аннотация. В условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона России были проведены исследования на базе стационарного опыта по выявлению зависимости влажности почвы, плотности и структуры ее сложения от использования в технологии возделывания органических, минеральных и микроудобрений в посевах кукурузы на зерно. Установлено, что запасы продуктивной влаги под посевами кукурузы на зерно зависели, главным образом, от наличия удобрительного компонента. На первых этапах вегетации кукурузы при использовании в севообороте органических удобрений в виде полуперепревшего навоза КРС в дозе 40 т/га на второй год последействия данная величина зафиксирована на уровне 163-165 мм, а при введении в технологию возделывания кукурузы N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ при осеннем внесении под основную обработку почвы – 146-155 мм. После завершения физиологического цикла кукурузы в конце августа запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы уже незначительно отличались по вариантам опыта и опустились до значений 41-44 мм. Суммарное водопотребление кукурузы увеличивалось от 3314 м³/га на контроле до 3585 м³/га на варианте навоз + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀+ Zn. При коэффициенте водопотребления 565 и 331 м³/тону на вышеприведенных вариантах соответственно. Плотность почвы перед посевом кукурузы на зерно составляла в слое 0-20 см 1,04-1,10 г/см³, увеличиваясь к моменту уборки до 1,14-1,19 г/см³. В подпахотном слое почвы плотность была несколько выше – на 0,08-0,12 г/см³. Минимальные показатели плотности почвы зафиксированы при последействии навоза, максимальная плотность почвы была на контроле без использования удобрений. Навоз в дозе 40 т/га во второй год последействия способствовал оптимизации структуры почвы. На органической и органо-минеральной системах удобрения кукурузы коэффициент структурности составил 3,1-3,9 в верхнем слое почвы и 2,4-3,0 в подпахотном. На контроле и при использовании минеральных удобрений величины структуры почвы были на уровне 1,9-2,2 и 1,8-2,0 соответственно в слоях почвы 0-20 и 20-40 см.

Ключевые слова: водопотребление, плотность, структура почвы, кукуруза, удобрения.

CHANGES IN THE AGROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM AT DIFFERENT LEVELS OF FERTILIZATION OF CORN FOR GRAIN

Abstract. In the conditions of the southwestern part of the Central Chernozem region of Russia, studies were conducted based on stationary experience to identify the dependence of soil moisture, density and structure of its composition on the use of organic, mineral and micro fertilizers in corn crops in cultivation technology. It was found that the reserves of productive moisture under corn crops for grain depended mainly on the presence of a fertilizing component. At the first stages of the maize vegetation, when organic fertilizers are used in crop rotation in the form of semi-ripened cattle manure at a dose of 40 t/ha in the second year of aftereffect, this value is fixed at 163-165 mm, and when introduced into corn cultivation technology N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ during autumn application for basic tillage – 146-155 mm. After the completion of the physiological cycle of corn at the end of August, the reserves of productive moisture in the meter-long soil layer, they already slightly differed in the experimental variants and dropped to values of 41-44 mm. The total water consumption of corn increased from 3314 m³/ha in the control to 3585 m³/ha in the manure + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀+ Zn variant. With a water consumption coefficient of 565 and 331 m³/ton in the above variants, respectively. The soil density before sowing corn for grain was 1.04-1.10 g/cm³ in a layer of 0-20 cm, increasing to 1.14-1.19 g/cm³ by the time of harvesting. In the sub-arable soil layer, the density was slightly higher – by 0.08-0.12 g/cm³. The minimum soil density values were recorded during the aftereffect of manure, the maximum soil density was controlled without the use of fertilizers. Manure at a dose of 40 t/ha in the second year of aftereffect contributed to the optimization of the soil structure. On organic and organo-mineral systems of maize fertilizer, the structural coefficient was 3.1-3.9 in the upper soil layer and 2.4-3.0 in the subsurface. On control and when using mineral fertilizers The values of the soil structure were at the level of 1.9-2.2 and 1.8-2.0, respectively, in soil layers 0-20 and 20-40 cm.

Keywords: water consumption, density, soil structure, corn, fertilizers.

Введение. Обеспечение сельскохозяйственных культур в достаточных количествах питательными веществами является одной из основных задач агропромышленного производства. Данная проблема является не только хозяйственно-экономической задачей, но и играет важную экологическую роль, балансируя элементный состав почвы, сохраняя плодородие пахотных земель [1]. В условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона данная проблема стоит особенно остро ввиду высокой интенсификации сельскохозяйственного производства, необходимостью получения стабильных высоких урожаев сельскохозяйственных культур [3]. Кукуруза, как культура, отчуждающая с урожаем значительное количество питательных элементов, обедняя почву, способствует ухудшению ее агрофизических, агрохимических и биологических свойств [2, 4]. В этом ряду улучшение агрофизических свойств пахотных земель, таких как плотность и структура при возделывании кукурузы служит одним из важнейших факторов получения высокой продуктивности и сохранения экологического баланса в агроландшафтах [5, 6]. Таким образом, исследования, направленные на поиск оптимальной системы удобрения кукурузы на зерно, являются актуальными и полностью отвечают реалиям сегодняшнего дня.

Цели и задачи. Главной целью наших исследований являлось установление зависимости показателей запасов продуктивной влаги, плотности сложения и коэффициента структурности в черноземах юго-западной части ЦЧЗ от различных агрохимических элементов технологии возделывания кукурузы на зерно. Задачей же наших изысканий является выведение научно обоснованных рекомендаций для конкретных условий возделывания кукурузы на зерно, посредством которых можно гарантированно добиться высокой продуктивности хозяйствования при создании условий для расширенного воспроизводства плодородия почв. Стоит отметить, что решение вышеуказанных задач возможно лишь посредством оптимизации

показателей уплотнения почвы, ее структуры при достаточном обеспечении продуктивной влагой корнеобитаемого слоя почвы.

Материалы и методы. Комплексные исследования по изучению агрофизических свойств чернозема типичного в юго-западной части Центрально-Черноземной зоны России и их влиянию на продуктивность кукурузы на зерно проводились в период с 2013 по 2015 годы на базе многофакторного стационарного опыта ФГБНУ Белгородский ФАНЦ РАН в Яковлевском городском округе Белгородской области.

Опыт проводился в полевом зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: черный пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на зерно при общепринятой для зоны технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Предметом наших исследований являлась одна культура севооборота – кукуруза на зерно.

Опыт двухфакторный с систематическим расположением делянок, заложенный в соответствии с сертифицированными методиками.

Первым фактором выступает насыщенность органическими и минеральными удобрениями, включающий 6 вариантов:

1. Контрольный без внесения удобрений.
2. Полуперепревший навоз крупного рогатого скота в дозе 40 т/га.
3. Минеральные комплексные удобрения по 60 кг/га д.в. азота, фосфора и калия.
4. Минеральные комплексные удобрения по 120 кг/га д.в. азота, фосфора и калия.
5. Насыщенность удобрениями варианта 2 + насыщенность удобрениями варианта 3.
6. Насыщенность удобрениями варианта 2 + насыщенность удобрениями варианта 4.

Вторым фактором опыта выступает двукратная цинковая подкормка растений по вегетации препаратом, содержащим цинк в хелатной форме. Шесть вариантов первого фактора разделяются на два блока по наличию или отсутствию цинковых удобрений.

Результаты и обсуждение. Для всех наземных растительных организмов и для сельскохозяйственных культур в частности, почва является главным носителем влаги, используемой корневой системой для нормального метаболизма. Вода – главный фактор жизни любого живого существа и значение ее трудно переоценить. Без почвенной влаги невозможно поступление в растения питательных веществ, функционирование микробиоты и сообщества почвенных организмов.

Центрально-Черноземный экономический регион России относится к зоне неустойчивого увлажнения. Нестабильный снежный покров, частые оттепели в зимнее время года и продолжительные засухи, сопровождающиеся отсутствием осадков и высокими атмосферными температурами создают условия для необходимости сохранения почвенной влаги для нормального функционирования культурных растений.

Для кукурузы, формирующей значительную надземную массу и, соответственно, потребляющую эквивалентное количество влаги на ее формирование, а также благодаря большой площади поверхности листового аппарата, расходующий значительные объемы воды для дыхания и транспирации, обеспечение почвы влагой является приоритетным для получения высокой зерновой продуктивности.

Учитывая чрезвычайную важность этих показателей, наличие влаги в почве являлось предметом наших исследований. Поскольку кукуруза является в целом относительно засухоустойчивой культурой и может пережить засуху в первой половине вегетации, но, тем не менее активно использует осадки второй половины лета, мы, согласно программе исследований, произвели анализ влажности почвы в два срока – после посева и перед уборкой. Так как кукуруза располагает глубокопроникающей корневой системой и способна усваивать влагу из нижних слоев почвы, мы определяли запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы.

Как свидетельствуют результаты полевого эксперимента, за годы проведения исследований запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы зависели от изучаемых в опыте удобрений. На контрольном варианте, где схемой опыта не предусматривалось использование удобрительных компонентов, отмечены запасы продуктивной влаги перед посевом кукурузы на уровне 138,6-140,3 мм, что свидетельствует о достаточной влагообеспеченности почвы.

Органические удобрения в виде полуперепревшего навоза, внесенные под предшествующую кукурузе сахарную свеклу, оказали благоприятное влияние на режим влагообеспеченности почвы в начальный период роста кукурузы. Запасы продуктивной влаги на этих вариантах возросли до 163,4-165,4 мм. Необходимо отметить, что использование цинковых удобрительных препаратов не оказывало существенного влияния на показатель запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы после посева кукурузы, что объяснимо неучастием этого фактора в изменении анализируемого показателя по причине временного смещения.

Такой фактор опыта, как использование минеральных удобрений, также позитивно сказался на величинах насыщения почвы влагой. От одинарной дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ прибавки во влагообеспеченности почвы составили 6,0-10,9 мм при минеральной системе удобрения и 13,0-16,5 мм в метровом слое почвы при органо-минеральной системе удобрения непосредственно после посева кукурузы.

Перед уборкой кукурузы в начале сентября запасы влаги в почве закономерно снижались. Этому способствовало потребление воды для формирования биомассы кукурузы, почвенное испарение, миграция влаги с нисходящими токами в нижележащие слои почвы и другие факторы.

Запасы продуктивной влаги в осенний срок отбора почвенных составляли 35,9-41,2 мм на вариантах без удобрений и 37,4-49,2 мм на удобренных делянках. Необходимо отметить, что обработка посевов кукурузы цинковым препаратом способствовала более интенсивному расходованию влаги из почвы. Запасы влаги в метровом слое почвы на вариантах с двукратной обработкой кукурузы цинковым удобрением АДОБ:Zn на достоверную величину ниже аналогичных значений без использования цинковой подкормки.

Анализ водного режима почвы и его значения для формирования продуктивности кукурузы на зерно не ограничивается показателями запасов продуктивной влаги. Для эффективного расходования почвенной влаги необходимо выяснить, как сельскохозяйственные культуры тратят ее запасы на создание товарной части урожая.

Программой исследований установлены значения суммарного водопотребления растениями кукурузы на зерно в зависимости от использования органических, минеральных, цинковых удобрений и их сочетаний, показывающих, какое количество воды расходуется на один гектар посевов кукурузы.

В ходе проведения исследований установлено, что суммарное водопотребление зависит от уровня удобренности кукурузы и составляет 3288-3585 м³/га. Наименьших значений данная величина достигает на контроле без использования удобрений – 3288-3314 м³/га. Меньшие значения суммарного водопотребления зафиксированы при двукратной обработке

посевов кукурузы препаратом АДОБ:Zn. С ростом удобренности величина суммарного водопотребления кукурузы возрастает. Даже по вариантам с первым годом последействия 40 т/га навоза данная величина выше по сравнению с контролем на 72-127 м³/га. Максимальных значений водопотребление достигает при органо-минеральной системе удобрений, причем с ростом дозы промышленных туков абсолютные значения несколько повышаются. Так, если при комбинации навоз + N₆₀P₆₀K₆₀ суммарное водопотребление составило 3434-3460 м³/га, то при системе навоз + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ уже 3512-3585 м³/га.

Коэффициент водопотребления является расчетной величиной и показывает, сколько тратится воды на формирование одной тонны товарной продукции, т.е. кукурузного зерна.

Самые высокие коэффициенты водопотребления отмечены нами на неудобренных вариантах и составили 503,5-565,5 м³/т. При органической системе удобрения влага расходуется несколько экономнее, но все-таки составляет значительную величину – на получение одной тонны зерна растения кукурузы потребили в этом случае от 465,3 до 475,6 тонн воды, входящей в состав почвенной влаги.

Минеральная и, особенно, органо-минеральная системы удобрения способствовали более рациональному использованию почвенных запасов продуктивной влаги при коэффициенте водопотребления 359,2-395,0 и 331,1-386,5 м³/т соответственно.

Следует отметить несомненную положительную роль в сокращении водопотребления обработки посевов кукурузы цинковым препаратом АДОБ:Zn. Наименьшие величины в указанных выше диапазонах значений коэффициента водопотребления получены именно на вариантах с листовой подкормкой цинковыми микроудобрениями.

Интегрированным показателем, определяющим агрофизическое состояние почвы, является ее плотность слоения. Этот показатель напрямую влияет на тепловой, водный и воздушный режимы. Оптимальная плотность почвы чрезвычайно важна для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур. Если в корнеобитаемом слое отмечаются процессы слитизации, почва хуже удерживает влагу, корневая система имеет недостаточную разветвленность и, как следствие, в недостаточном количестве обеспечивает растения питательными веществами, нарушается газообмен между почвой, растениями и почвенным воздухом. В то же время, при рыхлом сложении разбалансируется водный режим почвы ввиду усиленного испарения почвенной влаги в атмосферу.

На показатели плотности почвы оказывают влияние множество как биогенных, так и абиогенных факторов, среди которых определенную роль играют вносимые органические и минеральные удобрения.

При возделывании кукурузы особенно важно обеспечить благоприятную плотность слоения в слоях почвы, являющихся местом размещения основной массы корней. Кукуруза, как известно, имеет мочковатую, широко разветвленную корневую систему с основной массой корней в слоях почвы до 40 см. Именно поэтому программой исследований предусмотрен отбор почвенных образцов на определение плотности по двум слоям 0-20 см и 20-40 см и по двум срокам отбора – после посева кукурузы и перед уборкой.

Весной в конце апреля почва на глубине до 20 см отличалась достаточно рыхлым сложением. Плотность этого слоя составляла 1,04-1,10 г/см³. Это обстоятельство позволило почве хорошо прогреться, сохранить оптимальную структуру и послужить фактором дружных всходов кукурузы. В данном слое почвы зависимость анализируемого показателя от использования всех видов удобрений не прослеживается, т.к. на всех вариантах абсолютные значения плотности почвы имеют практически равные значения.

Органические удобрения в виде первого года последействия 40 т/га полуперепревшего навоза КРС способствовали разуплотнению нижнего подпахотного слоя почвы. Так, если при минеральной системе удобрения плотность почвы в слое 20-40 см составляла 1,18-1,20 г/см³, то по органической снижалась до значений 1,12-1,14 г/см³. Данная тенденция сохраняется и при совместном внесении органических и минеральных удобрений. На делянках с комбинацией навоз + N₆₀P₆₀K₆₀ плотность подпахотного горизонта почвы оставалась в значениях 1,12-1,14 г/см³. В этих же пределах она сохраняется при удвоении дозы минеральных удобрений.

В процессе роста и развития кукурузы в почве происходят разнонаправленные процессы, влияющие на все ее свойства, в том числе, и агрофизические. На всех без исключения вариантах опыта плотность слоения верхнего слоя почвы увеличивается на величину 0,05-0,10 г/см³, что объясняется отсутствием механического воздействия, формирования более мелких почвенных отдельностей. В этом слое почвы также можно констатировать отсутствие воздействия уровня удобренности на показатели плотности.

Иная картина прослеживается в подпахотном горизонте почвы, где органические удобрения как внесенные в чистом виде, так и в комбинации с минеральными, оказали заметное разуплотняющее действие. Если перед уборкой кукурузы в слое 20-40 см на органической и органо-минеральной системах удобрения плотность почвы составила 1,15-1,17 г/см³, то на контроле и при внесении минеральных удобрений этот показатель повышается до 1,21-1,24 г/см³, что уже несколько выходит за пределы оптимальных значений.

Следует отметить, что листовые подкормки препаратами, содержащими цинк, не оказали влияния на изменение показателей плотности почвы вне зависимости от срока отбора, слоя почвы и сочетания с органическими и минеральными удобрениями.

Одним из наиболее информативных показателей почвы, характеризующих ее агрофизическое состояние и уровень общего плодородия в целом, является ее структура. Эта характеристика показывает, насколько почва способна удерживать влагу, создавать коллоидные связи, определяет уровень ее физико-механических и технологических свойств.

Основная заслуга высокоструктурной почвы состоит в возможности удерживать большой объем поступающей влаги, сокращать ее непродуктивный расход через испарение, т.к. почвенные агрегаты в этом случае соприкасаются друг с другом только частью площади своей поверхности.

В нашем опыте изучалось структурное состояние основных продуктивных слоев почвы – 0-20 и 20-40 см в период наибольшего потребления растениями кукурузы на зерно воды и питательных веществ из почвы. Мы в своих исследованиях рассчитывали коэффициент структурности, представляющий собой отношение агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10 мм к сумме глыбистой и мелкопылеватой фракций.

Как показали результаты исследований на всех вариантах опыта коэффициент структурности имел значения выше 1,5, т.е. структура почвы отвечала требованиям к данному показателю для черноземов, обеспечивающим нормальное протекание почвенных процессов.

Минимальные значения коэффициента структурности получены на контроле без использования удобрений – 1,9-2,2 единицы (Табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициент структурности почвы под посевами кукурузы на зерно в зависимости от уровня удобренности. Средние данные 2013-2015 гг, ед.

Удобрения	Слой почвы, см	Микроудобрения	
		Без микроудобрений	АДОБ:Zn
Контроль	0-20	2,2	1,9
	20-40	1,9	1,9
Навоз 40 т/га (1 г.п)	0-20	3,9	3,2
	20-40	2,7	2,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	2,4	1,9
	20-40	2,0	1,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0-20	2,2	2,1
	20-40	1,9	1,8
навоз + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	3,3	3,4
	20-40	2,9	2,7
навоз + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0-20	3,5	3,1
	20-40	2,4	3,0
НСР ₀₉₅		0,3	0,4

В этом случае не получающая удобрительных продуктов почва имела в своем составе более 25 % агрегатов глыбистой фракции, что негативно сказалось на общем структурном состоянии всего корнеобитаемого слоя почвы контрольных делянок.

Аналогичные значения коэффициента структурности были отмечены нами при условии использования минеральной системы удобрения вне зависимости от дозы внесенных промышленных туков.

Необходимо отметить, что навоз на первый год своего последействия оказывал существенное влияние на структурное состояние чернозема типичного. На вариантах с применением органических удобрений структура как верхнего, так и нижнего слоев почвы имела ярко выраженную ореховато-комковатую структуру. Почвенные отдельности имели четкие грани, распадались на ромбовидные, трапецевидные и почти кубические составляющие с острыми углами и матовой поверхностью. Данные подобного визуального осмотра подтверждаются показателями коэффициента структурности, составляющего для слоя 0-20 см 3,1-3,9 ед, а для нижнего слоя 2,7-3,0 единицы с равнозначными значениями для органической и органо-минеральной систем удобрения.

Необходимо отметить нестабильный характер действия листовой подкормки кукурузы цинком на структурное состояние почвы. На некоторых вариантах можно проследить определенную динамику, имеющую вид тенденции, поскольку абсолютные значения изменения коэффициента структурности лежат в пределах наименьшей существенной разности.

Анализируя распределение всего почвенного массива по фракциям, обращает на себя внимание факт существенного отношения фракции 5-10 мм к общему гранулометрическому составу изучаемой в опыте почвы, особенно в слое 20-40 см, такие структурные составляющие весьма ценны в агрономическом плане по причине большой водоудерживающей способности и относительной стойкости. Фракция крупной пыли, наименее значимая в агрономическом плане, входящая в состав агрегатов 0,25-1 мм на всех вариантах опыта составляла незначительную часть 1,8-8,5 процентов.

Библиография

1. Азаров В.Б. Мониторинг плодородия почв Центрального Черноземья / В. Б. Азаров. – Белгород, 2004. – 204 с.
2. Родионов В.Я., Клостер Н.И. Удобрения в современном земледелии / В. Я. Родионов. – Белгород, 2013. – 213 с.
3. Лоткова В.В. Перспективы внедрения приемов биологизации в земледелии Белгородской области // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия». – Курск, 2022. – С. 159–164.
4. Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение / Н. П. Битюцкий. – СПб., 1999. – 232 с.
5. Волошин Е.И. Применение удобрений при возделывании кукурузы в Средней Сибири / Е. И. Волошин, А. Т. Аветисян. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2018. – 31 с.
6. Тютюнов С.И. Эффективность комплексного применения удобрений и средств защиты растений при возделывании кукурузы на зерно / С. И. Тютюнов, П. И. Солнцева // Аграрная наука. – 2019. – № S1. – С. 79–80.

References

1. Azarov V.B. Monitoring of soil fertility in the Central Chernozem region / V. B. Azarov. – Belgorod, 2004. – 204 p.
2. Rodionov V. Ya., Kloster N. I. Fertilizers in modern agriculture / V. Ya. Rodionov. – Belgorod, 2013. – 213 p.
3. Lotkova V. V. Prospects for the introduction of biologization techniques in agriculture of the Belgorod region // Materials of the International scientific and practical conference «Actual problems of soil science, ecology and agriculture». – Kursk, 2022. – Pp. 159–164.
4. Bityutsky N. P. Microelements and plants / N. P. Bityutsky. – St. Petersburg, 1999. – 232 p.
5. Voloshin E. I. The use of fertilizers in the cultivation of corn in Central Siberia / E. I. Voloshin, A. T. Avetisyan. – Krasnoyarsk : Krasnoyarsk State Agrarian University, 2018. – 31 p.
6. Tyutyunov S. I. Efficiency of complex application of fertilizers and plant protection products in the cultivation of corn for grain / S. I. Tyutyunov, P. I. Solntsev // Agrarian science. – 2019. – № S1. – Pp. 79–80.

Сведения об авторах

Дмитриенко Сергей Александрович, аспирант агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: Dmitrienko0404@mail.ru.

Азаров Владимир Борисович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: azarov.v.b@mail.ru.

Клостер Наталья Ивановна, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: klonata-1978@mail.ru.

Information about authors

Dmitrienko Sergey Alexandrovich, postgraduate student 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, e-mail: Dmitrienko0404@mail.ru.

Azarov Vladimir Borisovich, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 1 Vavilova str., Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, e-mail: azarov.v.b@mail.ru.

Kloster Natalia Ivanovna, Associate Professor, 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», 1 Vavilova str., Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, e-mail: klonata-1978@mail.ru.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АБСОРБЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДЕРЕВЬЯМИ В ЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Аннотация. Лесные насаждения играют важную роль в цикле углерода на нашей планете. В этой связи важно проводить мероприятия, направленные на поддержание устойчивого лесопользованию, акцентируя внимание на возобновлении лесных ресурсов и повышении их продуктивности, а также их экологических функций, включая их способность к накоплению углерода. Вопросам изучения потенциала лесов как «поглотителей» углерода посвящено много работ, однако актуальности этот вопрос не теряет. Одним из ключевых неразрешенных вопросов остаётся определение объёмов углерода, запасаемого деревьями, и его динамики. Количество запасаемого углерода находится в прямой зависимости с возрастом деревьев: молодые деревья растут быстро и активно поглощают углерод из атмосферы, а с возрастом темпы роста замедляются и, соответственно, количество накапливаемого углерода уменьшается. Данная закономерность указывает на необходимость учитывать возрастной состав деревьев при оценке депонирующей способности древесных насаждений. Кроме этого, в ходе проведенной инвентаризации защитных лесных насаждений установлено, что разные виды деревьев отличаются по скорости роста, плотности древесины и способности к накоплению углерода: хвойные деревья (лиственница, сосна) запасают углерода больше, чем лиственные. По способности связывать углерод и годичной абсорбции углекислого газа древостоем, с учетом длительности их функционирования, лиственные деревья можно расположить в порядке убывания в следующей последовательности: дуб, вяз, береза, ясень, робиния, тополь, клен. На склоновых землях со смытыми в различной степени почвами предпочтение следует отдавать, прежде всего, дубу, а также неплохие перспективы имеют сосна, лиственница и робиния. Результаты исследований могут быть учтены при разработке стратегии лесопользования и сохранения защитных лесных насаждений, способствуя устойчивому развитию и снижению углеродных выбросов, способствующих изменению климата.

Ключевые слова: депонирование, углекислый газ, секвестрация, защитные лесные насаждения.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CARBON DIOXIDE ABSORPTION BY TREES IN PROTECTIVE PLANTINGS

Abstract. Forest plantations play an important role in the carbon cycle on our planet. In this regard, it is important to carry out activities aimed at maintaining sustainable forest management, focusing on the renewal of forest resources and increasing their productivity, as well as their environmental functions, including their ability to store carbon. Many works have been devoted to studying the potential of forests as carbon sinks, but this issue does not lose its relevance. One of the key unresolved issues remains the determination of the amount of carbon stored by trees and its dynamics. The amount of stored carbon is directly related to the age of the trees: young trees grow quickly and actively absorb carbon from the atmosphere, and with age the growth rate slows down and, accordingly, the amount of accumulated carbon decreases. This pattern indicates the need to take into account the age composition of trees when assessing the depositing capacity of tree plantations. In addition, during the inventory of protective forest plantations, it was found that different types of trees differ in growth rate, wood density and carbon storage capacity: coniferous trees (larch, pine) store more carbon than deciduous ones. According to the ability to bind carbon and the annual absorption of carbon dioxide by the stand, taking into account the duration of their operation, deciduous trees can be arranged in descending order in the following sequence: oak, elm, birch, ash, robinia, poplar, maple. On sloping lands, with soils washed away to varying degrees, preference should be given, first of all, to oak, and pine, larch and robinia have good prospects. The research results can be taken into account when developing a strategy for forest management and conservation of protective forest plantations, contributing to sustainable development and reducing carbon emissions contributing to climate change.

Keywords: deposition, carbon dioxide, sequestration, protective forest plantations.

Введение. В Российской Федерации в лесомелиоративном обустройстве нуждаются 100 млн га пашни, 54 млн га естественных кормовых угодий, более 2 млн га неудобий; песчаных земель и оврагов [1]. Несмотря на то, что защитное лесоразведение исключено из проектов по секвестрации углерода, поскольку уже имеет другое целевое назначение, нам представляется это несправедливым. Водорегулирующие и другие защитные функции лесополос никак не влияют на депонирование ими углекислого газа, более того, они способствуют секвестрации углерода почвами в результате предотвращения эрозионных процессов и гумусонакопления [2, 3, 4].

Принимая во внимание возможность учета депонированного углерода защитными насаждениями в будущем, при их создании необходимо учитывать и эту их способность. Поэтому региональная оценка абсорбции углекислого газа лесополосами разного возраста и породного состава, в зависимости от почвенно-ландшафтных условий, крайне актуальна [5, 6, 7, 8].

Цель и задачи. Основной целью исследований выступала оценка секвестирующей способности древесных культур в зависимости от возраста и условий произрастания на основе данных инвентаризации защитных лесных насаждений.

Материалы и методы. Апробацию методики расчета объемов поглощения углекислого газа на обследованной территории Белгородской области проводили в период с 2021 по 2023 годы. В методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов [9, 10, 11] при выполнении проектов по лесовосстановлению рекомендуются оценивать изменения запасов углерода в пулах биомассы, мертвой древесины, подстилки и почвы, используя формулы:

$$\Delta C = \Delta C_{\text{биомасса}} + \Delta C_{\text{мертвая древесина}} + \Delta C_{\text{подстилка}} + \Delta C_{\text{почва}}, \quad (1)$$

где ΔC – суммарное изменение в запасах углерода после лесовосстановления, тонны С год⁻¹;

$\Delta C_{\text{биомасса}}$ – изменение в запасах углерода в пуле биомассы, тонны С год⁻¹;

$\Delta C_{\text{мертвая древесина}}$ – изменение в запасах углерода в пуле мертвой древесины, тонны С год⁻¹;

$\Delta C_{\text{подстилка}}$ – изменение в запасах углерода в пуле подстилки, тонны С год⁻¹;

$\Delta C_{\text{почва}}$ – изменение в запасах углерода в пуле почвы, тонны С год⁻¹.

Изменение запасов углерода в пуле биомассы при лесовосстановлении земель оценивают с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{биомасса}} = (C_{\text{после биомасса}} - C_{\text{до биомасса}}) \times A_{\text{лесовосстановление}} / D, \quad (2)$$

где $\Delta C_{\text{биомасса}}$ – изменение в запасах углерода в пуле биомассы, тонны С год⁻¹;
 $C_{\text{после биомасса}}$ – запасы углерода в пуле биомассы после выполнения работ по лесовосстановлению, тонны С год⁻¹;
 $C_{\text{до биомасса}}$ – запасы углерода в пуле биомассы до работ по лесовосстановлению, тонны С год⁻¹;
 $A_{\text{лесовосстановление}}$ – площадь земель, на которых выполняется проект по лесовосстановлению, га;
 D – период времени между экспериментальными измерениями запаса углерода в пуле биомассы на землях проекта, лет.
 Количество углерода в пуле биомассы древостоя рассчитывается для каждой древесной породы по формуле:

$$C_{\text{биомасса}} = 0,5 \sum (a(d_i^2 h_i)^b), \quad (3)$$

где $C_{\text{биомасса}}$ – углерод в биомассе древостоя, кг абсолютно сухого веса;

0,5 – коэффициент пересчета биомассы в углеродные единицы;

d_i – диаметр ствола i на высоте 1,3 м, см;

h_i – высота дерева i , м;

a и b – коэффициенты аллометрического уравнения для разных фракций и древесных пород.

Результаты и обсуждение. В наших исследованиях на основе данных инвентаризации защитных лесных насаждений проведена оценка секвестрирующей способности древесных культур в зависимости от возраста и условий произрастания.

Общее депонирование углерода в молодых дубовых защитных насаждениях на склоне 3-5° южной экспозиции (почва чернозём типичный слабосмытый) находилось в интервале от 21,0 (в верхней части склона) до 24,2 т/га (в средней части склона) (таблица 1).

Способность связывать углероду молодыми (возраст 10 лет) дубовыми защитными на склоне крутизной 7° южной экспозиции на чернозёме остаточно-карбонатном среднесмытом была ниже, чем на черноземе типичном и находилась в интервале от 15,3 т/га (в средней части склона) до 17,2 т/га (в нижней части склона). Объяснением этому служит более высокая степень смытости, соответственно, более низкий уровень плодородия. Деревья дуба в возрасте 7 лет обладают наименьшей в опыте способностью депонирования углерода – 7,9 т/га, что в 2-3 раза уступает депонированию дубовыми насаждениями в возрасте 10 лет.

Таблица 1 – Показатели, характеризующие углероддепонирующую способность древостоя

№ площадки	Схема смешения / число рядов	Часть склона	Древесная порода	Возраст, лет	Суммарное накопление Сорг, т	Удельное депонирование Сорг, т/га/год	Годичная абсорбция CO ₂ древостоем, тCO ₂ /га/год
1	2	3	4	5	6	7	8
Склон южной экспозиции 3-5° (чернозём типичный слабосмытый)							
14	сплошное облесение	верхняя	дуб черешчатый	10	21,0	2,10	7,69
15	сплошное облесение	средняя		10	24,2	2,47	8,87
16	сплошное облесение	нижняя		10	22,2	2,22	8,13
Склон южной экспозиции 5-7° (чернозём остаточно-карбонатный среднесмытый)							
1	сплошное облесение	верхняя	дуб черешчатый	10	16,6	1,66	6,11
2	сплошное облесение	средняя		10	15,3	1,53	5,62
3	сплошное облесение	нижняя		10	17,2	1,72	6,31
4	сплошное облесение	левая		7	7,9	1,13	4,15
Склон юго-восточной экспозиции 1-3° (чернозём выщелоченный несмытый)							
29	Дч-Дч-Дч* / 3	-	дуб черешчатый	76	231,9	3,05	11,20
Склон северо-западной экспозиции 5-7° (чернозём обыкновенный карбонатный сильносмытый)							
5	Со-Рп-Со / 3	нижняя	сосна обыкновенная	22	18,3	0,83	3,05
Склон северо-западной экспозиции 5-7° (чернозём обыкновенный карбонатный среднесмытый)							
6	сплошное облесение	средняя	сосна обыкновенная	40	48,1	1,20	4,41
7	сплошное облесение	верхняя		40	84,6	2,12	7,77
Склон южной экспозиции 3-5° (чернозём обыкновенный карбонатный слабосмытый)							
10	Со-Со-Со / 3	верхняя	сосна обыкновенная	22	25,5	1,16	4,25
Склон южной экспозиции 5-7° (чернозём обыкновенный карбонатный среднесмытый)							
11	Со-Со-Со / 3	средняя	сосна обыкновенная	22	27,5	1,25	4,60
Склон юго-восточной экспозиции 5-7° (чернозём карбонатный среднесмытый)							

Продолжение таблицы 1

43	сплошное облесение	верхняя	сосна обыкновенная	35	14,2	0,41	1,49
44	сплошное облесение	средняя		35	16,2	0,46	1,70
45	сплошное облесение	нижняя		35	37,9	1,08	3,97
Склон восточной экспозиции 1-3 ° (чернозём обыкновенный несмытый)							
8	Бп-Тс-Бп-Тс-Бп / 5	-	берёза повислая	22	39,3	1,79	6,56
12	Бп-Бп-Бп / 3	-	берёза повислая	22	71,4	3,25	11,91
Склон юго-западной экспозиции 1-3 ° (чернозём обыкновенный несмытый)							
34	Вш-Вш-Вш / 3	-	вяз шершавый	40	98,5	2,46	9,03
Склон юго-западной экспозиции 1-3 ° (чернозём типичный карбонатный несмытый)							
35	Бп-Яо-Бп-Яо-Бп / 5	-	берёза повислая	40	16,6	0,41	1,52
36	Бп-Яо-Бп-Яо-Бп / 5	-	ясень обыкновенный	40	67,0	1,68	6,15
Склон восточной экспозиции 1-3 ° (чернозём типичный карбонатный несмытый)							
39	Тч-Бп-Яо-Бп-Тч / 5	-	берёза повислая	40	139,2	3,48	12,78
Склон южной экспозиции 3-5 ° (чернозём выщелоченный слабосмытый)							
21	Рп-Бп- Рп -Бп- Рп / 5	-	берёза повислая	40	56,1	1,40	5,15
22	Рп -Бп- Рп -Бп- Рп / 5	-	робиния псевдоакация	40	49,7	1,24	4,56
Склон северо-восточной экспозиции 3-5 ° (чернозём выщелоченный слабосмытый)							
30	Бп-Бп-Бп / 3	-	берёза повислая	40	16,6	0,41	1,52
Склон юго-восточной экспозиции 3-5 ° (чернозём типичный слабосмытый)							
41	Бп-Яо-Бп-Яо-Бп / 5	-	берёза повислая	35	98,4	2,81	10,32
42	Бп-Яо-Бп-Яо-Бп / 5	-	ясень обыкновенный	35	14,7	0,42	1,55
Склон западной экспозиции 5-7 ° (чернозём выщелоченный среднесмытый)							
49	Рп-Бп-Рп-Бп-Рп / 5	-	берёза повислая	35	33,9	0,97	3,55
50	Рп-Бп-Рп-Бп-Рп / 5	-	робиния псевдоакация	35	47,9	1,37	5,02
1	2	3	4	5	6	7	8
Склон южной экспозиции 5-7 ° (чернозём выщелоченный среднесмытый)							
23	Рп-Бп-Рп-Бп-Рп / 5	-	берёза повислая	40	31,0	0,78	2,84
25	Бп-Бп-Бп / 3	-	берёза повислая	40	67,5	1,69	6,19
24	Рп-Бп- Рп-Бп-Рп / 5	-	робиния псевдоакация	40	35,6	0,89	3,26
Склон южной экспозиции 5-7 ° (чернозём карбонатный сильносмытый)							
32	Бп-Бп-Бп / 3	-	берёза повислая	40	34,6	0,86	3,17
Склон южной экспозиции 1-3 ° (чернозём выщелоченный несмытый)							
26	Рп-Тч (Тп)-Рп-Тч- Рп / 5	-	тополь чёрный	40	21,9	0,55	2,01
28	Рп-Тч (Тп)-Рп-Тч- Рп / 5	-	робиния псевдоакация	40	36,0	0,90	3,30
Склон восточной экспозиции 1-3 ° (чернозём типичный карбонатный слабосмытый)							
37	Тч-Бп-Яо-Бп-Тч / 5	-	тополь чёрный	40	29,6	0,74	2,72
38	Тч-Бп-Яо-Бп-Тч / 5	-	ясень обыкновенный	40	43,4	1,09	3,98
Склон западной экспозиции 3-5 ° (чернозём выщелоченный слабосмытый)							
46	Кя-Рп-Кя-Рп-Тч / 5	-	клён ясенелистный	35	24,4	0,70	2,561
47	Кя-Рп-Кя-Рп-Тч / 5	-	робиния псевдоакация	35	19,4	0,56	2,04
48	Кя-Рп-Кя-Рп-Тч / 5	-	тополь чёрный	35	3,1	0,09	0,32
Склон западной экспозиции 3-5 ° (чернозём выщелоченный слабосмытый)							
31	Тч-Тч-Тч / 3	-	тополь чёрный	40	76,7	1,92	7,04

Склон южной экспозиции 1-3 ° (чернозём выщелоченный несмытый)							
27	Рп-Тч (Тп)-Рп-Тч-Рп / 5	-	тополь пирамидальный	40	18,3	0,46	1,68
Склон восточной экспозиции 1-3 ° (чернозём обыкновенный несмытый)							
8	Бп-Тс-Бп-Тс-Бп / 5	-	тополь сереющий	22	28,5	1,30	4,76
Склон юго-восточной экспозиции 3-5 ° (чернозём типичный карбонатный слабосмытый)							
40	Яо-Яо-Яо / 3	-	ясень обыкновенный	12	4,7	0,39	1,44
Чернозём выщелоченный несмытый (Склон юго-западной экспозиции 1-3 °)							
33	Лцс-Лцс-Лцс / 3	-	лиственница сибирская	40	70,9	1,77	6,50

* - Дч – дуб черешчатый, Со – сосна обыкновенная, Рп – робиния псевдоакация, Бп – береза повислая, Яо – ясень обыкновенный, Вш – вяз шершавый, Тч – тополь чёрный, Тс – тополь сереющий, Тп – тополь пирамидальный, Лцс – лиственница сибирская.

Инвентаризация средневозрастных дубовых насаждений, возраст которых составляет 76 лет, проводилась на склоне 1-3 ° юго-восточной экспозиции. Почва территории представлена чернозёмом выщелоченным слабосмытым. Результаты исследований показали высокий уровень накопления углерода деревьями дуба – 231,9 т/га, что в 10 и более раз превышает депонирование углерода 10-летними деревьями дуба. Такое различие может быть связано, на наш взгляд, с тем, что с возрастом деревья увеличивают свою биомассу и, соответственно, повышаются запасы углерода.

При оценке суммарного депонирования углерода в сосновых насаждениях, расположенных на склоне северо-западной экспозиции крутизной 5-7 ° (почва чернозём обыкновенный карбонатный среднесмытый) в молодых сосновых защитных насаждениях в возрасте 40 лет (площадки № 6 и 7), уровень накопления углерода варьировал от 48,1 т/га в средней части склона до 84,6 т/га в верхней части склона. На чернозёме обыкновенном карбонатном сильносмытом (площадка № 5 – нижняя часть склона) накопление углерода сосновыми защитными насаждениями в возрасте 22 лет оказалось в 2-4 раза ниже и составило 18,3 т/га (таблица 1).

Молодые деревья сосны, произрастающая на чернозёме обыкновенном карбонатном среднесмытом на склоне 3-5 ° южной экспозиции, связывают 25,5 т/га углерода, а на склоне 5-7 ° общая секвестрация углерода составила 27,5 т/га (площадки №10 и 11 соответственно).

На склоне 1-3 ° восточной экспозиции (почва чернозём обыкновенный несмытый, площадки № 8 и 12) суммарная секвестрация углерода березой повислой в возрасте 22 года (средневозрастные защитные насаждения) изменялась от 39,3 т/га до 71,4 т/га (таблица 1). На склоне южной экспозиции (почва чернозём типичный карбонатный несмытый, площадка № 35) березовые защитные насаждения в возрасте 40 лет (приспевающие) снизили данный показатель более чем в 2 раза – до 16,6 т/га. Однако на склоне восточной экспозиции (почва чернозём типичный карбонатный несмытый, площадка № 39) секвестрация углерода березовыми насаждениями в возрасте 40 лет была довольно высокой и достигала 139,2 т/га.

Исследование суммарного депонирования углерода в приспевающих защитных насаждениях берёзы, проводимое на склонах крутизной 5-7 °, позволило выявить различия в накоплении углерода в зависимости от типа почвы и экспозиции склона. На черноземе выщелоченном среднесмытом (площадки № 23, 25 и 49) суммарное депонирование углерода в защитных насаждениях берёзы составило 33,9 т/га. На склонах западной и южной экспозиций суммарное депонирование углерода изменялось от 31,0 до 67,5 т/га соответственно. Это можно объяснить более интенсивным ростом деревьев на склонах южной экспозиции, что приводит к большему накоплению биомассы и, следовательно, углерода. На черноземе карбонатном сильносмытом 5-7° южной экспозиции (площадка №32) показатели депонирования углерода оказались наименьшими и составили 34,6 т/га. Это может быть связано с несколькими другими факторами, такими как меньшее количество органического вещества в почве, более интенсивная минерализация, а также менее благоприятные условия для роста берёзы.

Общее депонирование углерода ясенем обыкновенным в защитных насаждениях зависело от крутизны склона, степени смытости и возраста. Наибольшие значения отмечены у средневозрастных насаждений на склоне 1-3 ° (почва – чернозем типичный карбонатный несмытый) – 43,4 т/га и 67,0 т/га на склонах восточной и юго-западной экспозиции соответственно. На склоне 3-5° юго-восточной экспозиции (чернозем типичный слабосмытый) секвестрация снижалась в 2-3 раза и составила 14,7 т/га.

В молодянке ясеня обыкновенного на склоне 3-5° юго-восточной экспозиции (почва – чернозем типичный среднесмытый) отмечены очень низкие значения накопления углерода в насаждениях – 4,7 т/га, что в 3 раза ниже, чем на слабосмытом и более чем в 9 раз – на незероированном черноземе типичном.

Суммарная секвестрация углерода робинией псевдоакацией не зависела от крутизны склона, степени смытости почвы и экспозиции. На площадках № 22, 24, 28 и 50 данный показатель находился в интервале от 35,6 т/га (склон южной экспозиции 5-7°, почва – чернозём выщелоченный среднесмытый) до 49,7 т/га (склон южной экспозиции 3-5 °, почва – чернозём выщелоченный слабосмытый).

На склоне 3-5 ° западной экспозиции (почва – чернозём выщелоченный слабосмытый, площадка № 47) значения секвестрации углерода были наименьшими и составили 19,4 т/га, что в 2-2,5 раза ниже, чем на других площадках.

Связывание углерода вязом шершавым в защитных насаждениях в среднем составило 98,5 т/га, клёном ясенелистным – 24,4 т/га, лиственницей сибирской – 70,9 т/га.

Суммарное депонирование углерода древостоями различного породного состава и возраста, оцениваемое по результатам инвентаризации защитных лесных насаждений, имеет важное значение для характеристики по данному показателю территории, представляющей интерес в качестве региона преимущественного стока углекислого газа.

Однако обследованные насаждения, помимо различий в породном составе и возрасте, отличались почвенно-рельефными условиями произрастания. С учетом этого, наиболее объективной сравнительной оценкой будет сопоставление удельного депонирования органического углерода, то есть интенсивности его накопления, и, в конечном итоге, годичной абсорбции древостоем углекислого газа, преобладающего из всего парникового пула (таблица 1).

Способность абсорбировать CO₂ защитными насаждениями из дуба возрастает с течением времени; максимальное количество углекислого газа, которое культура поглощает в 76-летнем возрасте, составляет 11,20 тCO₂/га/год (рисунок 1). Даже в 10-летнем возрасте насаждения из дуба превосходят по данному показателю взрослые сформировавшиеся насаждения из большинства других пород (7,12 тCO₂/га/год). Большой поглотительной способностью обладает только береза повислая в возрасте 22 лет и вяз шершавый (40 лет).

Однако у березы, в отличие от дуба, с течением времени способность к поглощению CO₂ снижается: за 20 лет практически в 2 раза. Абсорбирующая способность повышается с возрастом у сосны обыкновенной и ясеня обыкновенного. В 40-летнем возрасте сосна способна депонировать 6,1 тCO₂/га/год, совсем немного (на 0,4 тCO₂/га/год) уступая лиственнице сибирской; ясень в этом возрасте секвестрирует углекислый газ в 1,5 раза хуже. Заметно снижает свои абсорбционные возможности тополь – за 20 лет к 40 годам жизни данный показатель уменьшается в 1,7 раза. Робиния псевдоакация по данному показателю занимает промежуточное положение.

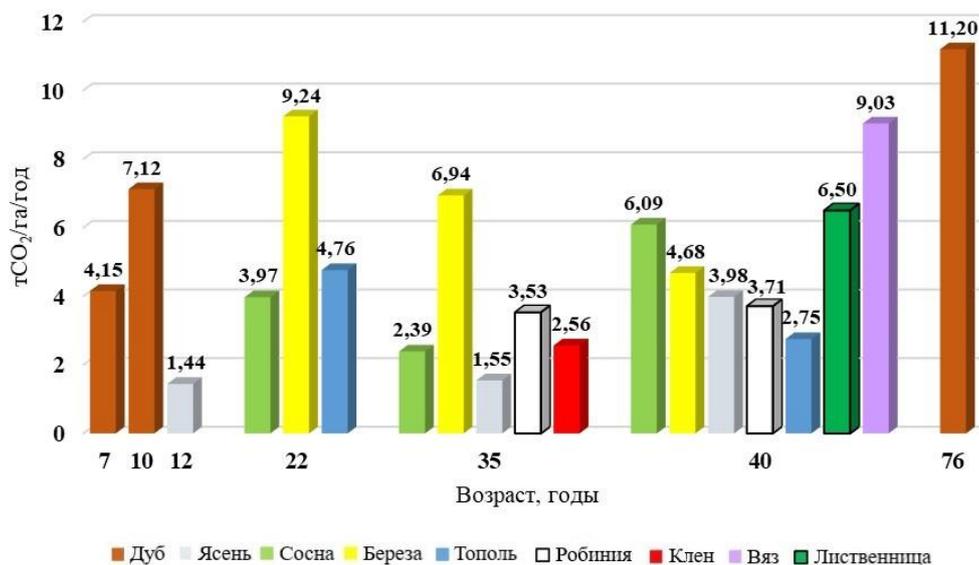


Рис. 1 – Абсорбция углекислого газа древесными породами защитных лесных насаждений, тCO₂/га/год

В эрозионно-опасном агроландшафте с большой долей склоновых земель, сопряженными со смывами в разной степени почвами, особый интерес представляет зависимость секвестрирующей способности древесных пород от почвенно-ландшафтных условий.

На участках крутизной 0-3 ° с несмывами и эрозионно-опасными почвами преимущество в поглощении CO₂ имеет береза как в молодом, так и, особенно, в среднем возрасте – 12,78 тCO₂/га/год (рисунок 2).

Исследования показали, что на черноземе обыкновенном береза превосходит молодые деревья тополя по способности связывать углерод в 2 раза. С возрастом разница между этими породами становится ещё более заметной: в средневозрастных насаждениях берёза поглощает CO₂ в 4,7-6,9 раз интенсивнее, чем тополь. Вяз поглощает углекислого газа на 3,75 тCO₂/га/год меньше, чем береза, лиственница – на 6,28, а ясень – на 7,72 тCO₂/га/год.

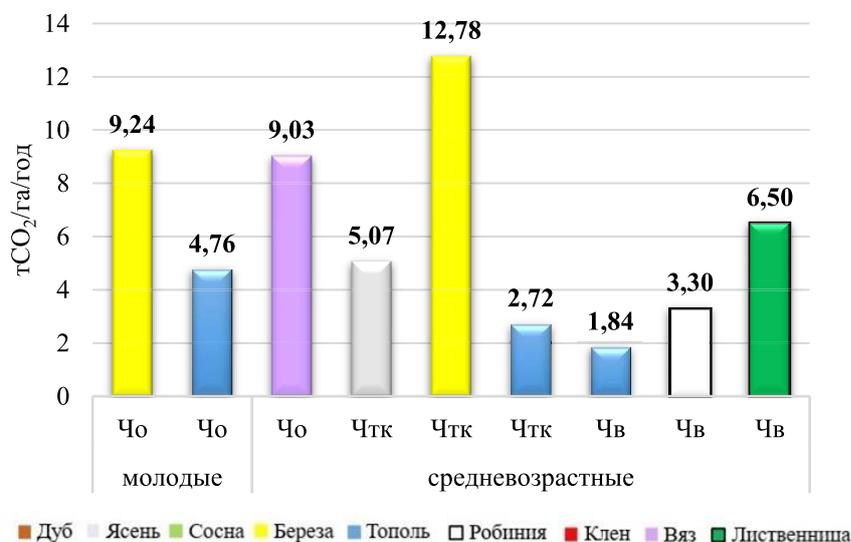


Рис. 2 – Абсорбция углекислого газа древесными породами защитных лесных насаждений в равнинном рельефе на несмытых почвах, тCO₂/га/год

На слабосмытых почвах среди молодых древостоев равных дубу нет: по способности поглощать CO₂ он в 1,9 раза превосходит сосну и в 5,7 раз – ясень (рисунок 3). В средневозрастной группе деревьев наибольшей поглотительной способностью, из изученных нами пород, обладает береза (5,66 тCO₂/га/год), робиния и тополь уступают соответственно на 1,73 и 1,98 тCO₂/га/год. Кроме того, разница между березой и робинией, по сравнению с несмытыми почвами, уменьшилась в 5,5 раз благодаря стабильности показателя у робинии псевдоакации.

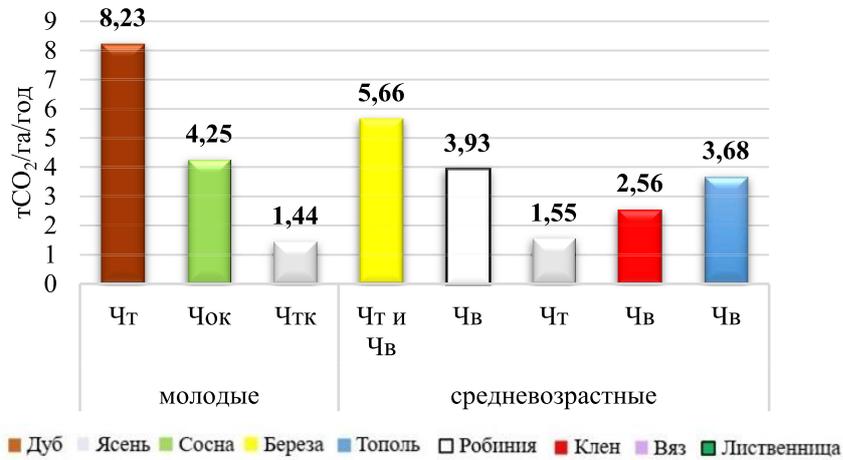


Рис. 3 – Абсорбция углекислого газа древесными культурами защитных лесных насаждений на склонах 3-5° со слабосмытыми почвами, тCO₂/га/год

Тополь по абсорбирующей способности на слабосмытой почве сравним с робинией (3,68 тCO₂/га/год). Клен ясенелистный, несмотря на свой агрессивный характер распространения, не обладает достойной секвестрирующей способностью. Наименьший показатель характерен для ясени независимо от его возраста – 1,44-1,55 тCO₂/га/год.

На среднесмытых почвах склонов крутизной 5-7 ° среди молодых насаждений дуб по интенсивности поглощения CO₂ превосходит сосну в 1,3 раза (рисунок 4). В средневозрастной группе различий между древостоями сосны, березы и робинии практически нет – 4,14-4,24 тCO₂/га/год. Робиния псевдоакация продемонстрировала завидное постоянство вне зависимости от степени смытости почв.



Рис. 4 – Абсорбция углекислого газа древесными культурами защитных лесных насаждений на склонах 5-7° со среднесмытыми почвами, тCO₂/га/год

Обследованные насаждения березы и сосны на сильносмытых почвах обладали сходной абсорбцией CO₂ – 3,05-3,17 тCO₂/га/год.

Заключение. По углерододепонирующей эффективности и годичной абсорбции углекислого газа древостоем, учитывая одновременно его функционирование, древесные породы можно расположить в порядке убывания в следующей последовательности: дуб черешчатый, вяз шершавый, лиственница сибирская, сосна обыкновенная, береза повислая, ясень обыкновенный, робиния псевдоакация, тополь (черный, пирамидальный, сереющий) и клен ясенелистный. На склонах с различной степенью смыва почвы рекомендуется в первую очередь высаживать дуб. Также хорошие перспективы демонстрируют сосна, лиственница и робиния.

Дуб черешчатый обладает наилучшей способностью к накоплению углерода, достигая 11,2 тCO₂/га/год, и с возрастом увеличивает интенсивность поглощения углекислого газа. Также хорошими показателями секвестрации CO₂ характеризуются вяз шершавый – 9,0 тCO₂/га/год, а лиственница и сосна – 6,1-6,5 тCO₂/га/год. Береза в возрасте 22 года значительно поглощает углекислый газ (9,2 т CO₂/га/год). Однако, к сожалению, с возрастом её способность к абсорбции уменьшается.

Библиография

1. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года, перераб. и доп. / К. Н. Кулик, А. Л. Иванов, А. С. Рулев, И. П. Свинцов, Е. С. Павловский, В. И. Петров, А. Т. Барабанов, А. С. Манаенков, Ю. И. Васильев, Ю. М. Жданов, И. Г. Зыков, Н. Ф. Кулик, С. Н. Крючков, З. И. Маланина, А. В. Семенютина, Ю. И. Сухо-руких, В. Д. Шульга, В. Г. Юферев. Волгоград : ФНИЦ агроэкологии РАН. – 2018. – 36 с.

2. Котлярова О.Г. Расширение биологической емкости агроландшафтов при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия / О. Г. Котлярова, Е. Г. Котлярова, С. А. Линков // Земледелие. – 2008. – № 6. – С. 11–12.
3. Партолин И.В. Результаты инвентаризации защитных лесных насаждений различного состава и назначения в Белгородской области / И. В. Партолин, Е. Г. Котлярова, Л. Н. Кузнецова, Т. С. Морозова, С. А. Линков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2024. – № 1. – С. 40–57.
4. Котлярова Е.Г. К вопросу об экономической эффективности ландшафтных систем земледелия / Е. Г. Котлярова, А. И. Титовская, А. В. Акинчин, С. А. Линков // Научное обозрение. – 2013. – № 8. – С. 12–15.
5. Кузнецова Л.Н. Накопление углерода древесными породами в защитных лесных насаждениях / Л. Н. Кузнецова, Е. Г. Котлярова, Т. С. Морозова, И. В. Партолин, С. А. Линков, О. С. Кузьмина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2024. – № 2. – С. 41–48.
6. Когут Б.М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом / Б. М. Когут, В. М. Семенов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2020. – Вып. 102. – С. 103–124. – URL: <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/570> (дата обращения: 07.12.2023).
7. Лесоуглеродный ресурс Беларуси / Л. Н. Рожков [и др.] / под общ. ред. Л. Н. Рожкова, И. В. Войтова, А. А. Кулика. – Минск : БГТУ, 2018. – 247 с.
8. Методологические подходы формирования единой Национальной системы мониторинга и учета баланса углерода и выбросов парниковых газов на землях сельскохозяйственного фонда Российской Федерации / А. Л. Иванов, И. Ю. Савин, В. С. Столбовой и др. // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2021. – Вып. 108. – С. 175–218.
9. Малышева Н.В. Методы оценки баланса углерода в лесных экосистемах и возможности их использования для расчетов годичного депонирования углерода / Н. В. Малышева, Б. Н. Моисеев, А. Н. Филипчук, Т. А. Золина // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2017. – Т. 21. – № 1. – С. 4–13. – URL: https://les-vest.msfu.ru/les_vest/2017/1_2017/01.pdf?ysclid=lpvlrrt25589422451 (дата обращения: 07.12.2023).
10. Методика оценки годичных потоков «стока-эмиссии углекислого газа и общего депонирования углерода лесами Республики Беларусь». Утверждена и введена в действие приказом Минлесхоза Республики Беларусь от 28.03.2011 г. № 81 / Л. Н. Рожков [и др.]. – Минск : БГТУ, ЛРУП «Белгослес», 2011. – 19 с.
11. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов / Распоряжение Минприроды России от 30 июля 2017. № 20-р. URL: https://eipc.center/pdf/analytic/raspr_minprir_ros_30_06_2017_n_20.pdf (дата обращения: 08.12.2023).

References

1. Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period up to 2025, revised. and additional / K. N. Kulik, A. L. Ivanov, A. S. Rulev, I. P. Svintsov, E. S. Pavlovsky, V. I. Petrov, A. T. Barabanov, A. S. Manaenkov, Yu. I. Vasiliev, Yu. M. Zhdanov, I. G. Zykov, N. F. Kulik, S. N. Kryuchkov, Z. I. Malanina, A. V. Semenyutina, Yu. I. Sukhorukikh, V. D. Shulga, V. G. Yuferev. – Volgograd : Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. – 2018. – 36 p.
2. Kotlyarova O.G. Expansion of the biological capacity of agricultural landscapes in the development of adaptive landscape farming systems / O. G. Kotlyarova, E. G. Kotlyarova, S. A. Linkov // Agriculture. – 2008. – № 6. – Pp. 11–12.
3. Partolin I.V. The results of the inventory of protective forest plantations of various species composition and purpose in the Belgorod region / I. V. Partolin, E. G. Kotlyarova, L. N. Kuznetsova, T. S. Morozova, S. A. Linkov // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2024. – № 1. – Pp. 40–57.
4. Kotlyarova E.G. On the question of the economic efficiency of landscape farming systems / E. G. Kotlyarova, A. I. Titovskaya, A. V. Akinchin, S. A. Linkov // Scientific Review. – 2013. – № 8. – Pp. 12–15.
5. Kuznetsova L.N. Carbon accumulation by tree species in protective forest plantations / L. N. Kuznetsova, E. G. Kotlyarova, T. S. Morozova, I. V. Partolin, S. A. Linkov, O. S. Kuzmina // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2024. – № 2. – Pp. 41–48.
6. Kogut B.M. Assessment of soil saturation with organic carbon / B. M. Kogut, V. M. Semenov // Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute. – 2020. – Issue 102. – Pp. 103–124. – URL: <https://bulletin.esoil.ru/jour/article/view/570> (date of reference: 07.12.2023).
7. Forest carbon resource of Belarus / L. N. Rozhkov [et al.] / under the general editorship of L. N. Rozhkov, I. V. Voitov, A. A. Kulik. – Minsk : BSTU, 2018. – 247 p.
8. Methodological approaches to the formation of a unified national system for monitoring and accounting for the balance of carbon and greenhouse gas emissions on the lands of the agricultural Fund of the Russian Federation / A. L. Ivanov, I. Yu. Savin, V. S. Stolbova et al. // Bulletin of the V. V. Dokuchaev Soil Institute. – 2021. – Issue 108. – Pp. 175–218.
9. Malysheva N.V. Methods for assessing the carbon balance in forest ecosystems and the possibility of their use for calculating annual carbon deposition / N. V. Malysheva, B. N. Moiseev, A. N. Filipchuk, T. A. Zolina // Forest Bulletin / Forestry Bulletin. – 2017. – vol. 21. – № 1. – Pp. 4–13. – URL: https://les-vest.msfu.ru/les_vest/2017/1_2017/01.pdf?ysclid=lpvlrrt25589422451 (date of application: 07.12.2023).
10. Methodology for estimating annual flows of «runoff-carbon dioxide emissions and total carbon deposition by forests of the Republic of Belarus». Approved and put into effect by Order of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus. № 81 dated 03/28/2011 / L. N. Rozhkov[et al.]. – Minsk : BSTU, LRUP «Belgosles», 2011. – 19 p.
11. Methodological guidelines for the quantitative determination of the volume of greenhouse gas uptake / Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated July 30, 2017. № 20-r. URL: https://eipc.center/pdf/analytic/raspr_minprir_ros_30_06_2017_n_20.pdf (date of application: 08.12.2023).

Сведения об авторах

Кузнецова Лариса Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», e-mail: Kuznecova_LN@bsaa.edu.ru, тел. +79056727064.

Котлярова Екатерина Геннадьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор агрономического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», тел. 8(4722) 39-26-68.

Морозова Тамара Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, e-mail: Morozova_TS@bsaa.edu.ru, тел. 8(4722) 39-26-68.

Палий Алексей Олегович, преподаватель агрономического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», e-mail: A89087879110@yandex.ru, тел. 8(4722) 38-15-25.

Линков Сергей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», e-mail: linkovserg@yandex.ru, тел. 8(4722) 38-15-25.

Information about authors

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: Kuznecova_LN@bsaa.edu.ru, phone +79056727064.

Kotlyarova Ekaterina Gennadievna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», phone. 8(4722) 39-26-68.

Morozova Tamara Sergeevna, 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», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: Morozova_TS@bsaa.edu.ru, phone 8(4722) 39-26-68.

Paliy Alexey Olegovich, teacher of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: A89087879110@yandex.ru, phone 8(4722) 38-15-25.

Linkov Sergey Alexandrovich, 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: linkovserg@yandex.ru, phone 8(4722) 38-15-25.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЁМЕ ТИПИЧНОМ

Аннотация. Исследователи Белгородского федерального аграрного научного центра Российской академии наук провели многолетние эксперименты с целью изучения воздействия различных факторов на уровень гумуса в пахотном слое почвы. В ходе этих исследований изучались три ключевых фактора агротехнологии: тип севооборота, в ходе эксперимента сравнивались севообороты с различным чередованием культур; способ основной обработки почвы, изучали влияние глубины обработки на содержание гумуса; внесение удобрений (без удобрений, с применением только минеральных удобрений и с использованием только органических, а также их комбинаций). Во всех изучаемых вариантах наблюдалось повышение содержания гумуса только в зернотравянопропашном севообороте, в структуре которого присутствуют многолетние травы. Динамика изменения гумуса в данном севообороте характеризовалась его увеличением на 0,10 % без удобрений за период эксперимента, с внесением только минеральных удобрений на 0,17 % и на 0,25 % с внесением только органических удобрений. Содержание гумуса зернопропашного севооборота сохранялось на уровне года закладки опыта лишь при внесении 8 т/га подстилочного навоза на севооборотную площадь наблюдалось небольшое увеличение содержания гумуса на 0,11 %. В условиях зернопаропропашного севооборота положительный баланс был достигнут при внесении 16 т/га органических удобрений, что привело к росту на 0,04 %. Анализ полученных данных показал, что обработка почвы на глубину 10-12 см способствовала накоплению гумуса – это отражено как при анализе фактических данных, так и при рассмотрении изменения данного показателя в динамике. Применение изучаемых органических удобрений положительно сказывалось на содержании гумуса – его рост составил 0,11-0,21 % (интервал отражает разные дозы внесения). Использование минеральных удобрений можно также трактовать как фактор, положительно влияющий на содержание гумуса, но с меньшей интенсивностью на 0,07-0,13 %, при этом применение удвоенной дозы обеспечивало рост гумуса на математически доказанном уровне, а одна доза удобрений оказала доказанное действие только в зернопропашном севообороте. Говоря о распределении гумуса по слоям, следует отметить, что меньшее содержание гумуса в пахотном горизонте отмечено в зернопаропропашном севообороте.

Ключевые слова: севооборот, обработка почвы, навоз КРС, минеральные удобрения, гумус, чернозём типичный.

THE INFLUENCE OF FACTORS OF THE FARMING SYSTEM ON THE CHANGE IN THE HUMUS CONTENT IN TYPICAL CHERNOZEM

Abstract. Researchers at the Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences conducted long-term experiments to study the effects of various factors on the level of humus in the arable soil layer. In the course of these studies, three key factors of agricultural technology were studied: the type of crop rotation, during the experiment, crop rotations with different crop alternation were compared; the method of basic tillage, the effect of processing depth on humus content was studied; fertilization (without fertilizers, using only mineral fertilizers and using only organic ones, as well as their combinations). In all the studied variants, an increase in the humus content was observed only in the grain-grass crop rotation, in the structure of which there are perennial grasses. The dynamics of humus change in this crop rotation was characterized by its increase by 0.10 % without fertilizers during the experiment period, with the introduction of only mineral fertilizers by 0.17 % and by 0.25 % with the introduction of only organic fertilizers. The humus content of the grain crop rotation remained at the level of the year of the experiment, only when 8 t/ha of litter manure was applied to the crop area, a slight increase in the humus content by 0.11 % was observed. Under the conditions of grain-to-crop rotation, a positive balance was achieved with the introduction of 16 tons/ha of organic fertilizers, which led to an increase of 0.04 %. Analysis of the data obtained showed that tillage to a depth of 10-12 cm contributed to the accumulation of humus – this is reflected both in the analysis of actual data and when considering changes in this indicator in dynamics. The use of the studied organic fertilizers had a positive effect on the humus content – its growth was 0.11-0.21 % (the interval reflects different doses of application). The use of mineral fertilizers can also be interpreted as a factor positively affecting the humus content, but with a lower intensity by 0.07-0.13 %, while the use of a doubled dose ensured the growth of humus at a mathematically proven level, and one dose of fertilizers had a proven effect only in the grain crop rotation. Speaking about the distribution of humus by layers, it should be noted that a lower humus content in the arable horizon was noted in the grain-to-crop rotation.

Keywords: crop rotation, tillage, cattle manure, mineral fertilizers, humus, typical chernozem.

Введение. Один из главных вопросов сельскохозяйственного производства – получение максимального количества продуктов питания путём применения научно-обоснованных систем земледелия и одновременном сохранении плодородия почвы. В основе этого лежит принцип устойчивого земледелия, который предполагает применение научно обоснованных методов, направленных на сбалансированное использование природных ресурсов. К сожалению, в последние годы наблюдается нарушение фундаментального закона земледелия – закона возврата, который гласит о необходимости возвращения в почву всех веществ, изъятых с урожаем. Несоблюдение этого закона будет способствовать медленному угнетению почвы как ресурса, и проявляться данное истощение будет в-первую очередь усилением процесса минерализации гумуса – ключевого параметра, характеризующего почвенное плодородие [3].

Основное свойство почвы – это её плодородие, в значительной степени обусловлено наличием в ней органической части – гумуса (перегноя) [1]. Влияние гумуса на здоровье почвы и её продуктивность не может быть переоценено. Гумус является ключевым компонентом почвенного плодородия, играющим важную роль в улучшении структуры почвы, он связывает почвенные частицы, делает почву более рыхлой и воздухопроницаемой, обладает высокой гигроскопичностью, способствует удержанию влаги в почве. Чем выше содержание гумуса в почве, тем выше её теплоёмкость, меньше теплопроводность, выше влагоёмкость, лучше физико-химические свойства, наиболее подходящие условия для развития полезной микрофлоры, а все это благотворно сказывается на уровне урожайности и качества продукции. Кроме того, гумусный слой является тем слоем, который в значительной степени предотвращает вымывание питательных веществ в малый и большой биологический круговорот и тем самым способствует созданию экологически чистой среды [2].

Уменьшение в почвах содержания органического вещества параллельно дополняется ухудшением структурно-агрегатного состояния почвы, агрохимических и биологических свойств почвы, деградацией почвы в целом, данные негативные признаки способствуют снижению экологической функции почвы, что непосредственно приводит к сокращению продуктивности сельского хозяйства в целом [4]. В естественном фитоценозе содержание органического вещества – это саморегулируемый и самовосстанавливающийся показатель, в свою очередь, как в пахотных почвах данное свойство утрачивается и процесс восстановления органического вещества должен регулировать человек. Воспроизводство органического вещества, в частности гумуса, является необходимым процессом сохранения почвы, как ресурса. В связи с этим проблема и возможность управления воспроизводством гумуса всегда остаётся актуальной [5, 6].

Наши исследования проводились с целью выявления ряда теоретических и прикладных проблем, которые связаны с факторами воздействия на сохранение и воспроизводство плодородия чернозёма типичного.

Цель исследования заключалась в выявлении действия основных элементов агротехнологии на содержание гумуса в чернозёме типичном.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся чернозём типичный, преобладающий в Белгородской области. Этот тип почвы характеризовался следующими агрохимическими параметрами: содержание гумуса (по Тюрину) от 5,1 до 5,8 %, pH_{KCl} от 5,8 до 6,3, щелочногидролизуемый азот (по Корнфилду) от 145 до 155 мг/кг, подвижный фосфор (по Чирикову) от 52 до 58 мг/кг, подвижный калий (по Чирикову) от 95 до 105 мг/кг.

В Белгородской области на территории х. Гонки с 1987 года проводится многолетний полевой опыт, который предусматривает изучение нескольких агроприёмов возделывания, таких как севооборот (отличающиеся схемой чередования культур и насыщенностью пропашными культурами); способ основной обработки почвы (сравнивались разные способы обработки почвы, которые отличаются своей глубиной); применение разных видов и систем удобрения на почвенный показатель – гумус.

Изучаемые севообороты имели чередование культур:

Зернотравянопропашной	Зернопропашной	Зернопаропропашной
1. Мн.травы 2 г.п.	1. Горох	1. Чёрный пар
2. Озимая пшеница	2. Озимая пшеница	2. Озимая пшеница
3. Сахарная свёкла	3. Сахарная свёкла	3. Сахарная свёкла
4. Ячмень+мн.травы	4. Ячмень	4. Кукуруза на силос
5. Мн.травы 1 г.п.	5. Кукуруза на силос	5. Кукуруза на зерно

Рассматриваемые способы основной обработки почвы предусматривали: вспашку, безотвальную обработку и минимальную обработку на глубину 10-15 см.

В качестве органических удобрений вносили подстилочный навоз один раз за ротацию севооборота в разных дозах – 40 и 80 т/га. Минеральная система удобрений характеризовалась ежегодным применением данного вида удобрений с насыщенностью севооборотов: зернотравянопропашного $N_{46}P_{56}K_{56}$, зернопропашного $N_{64}P_{64}K_{64}$, зернопаропропашного $N_{64}P_{58}K_{58}$.

Результаты исследований. Чернозём – это один из наиболее плодородных типов почв, однако даже он не застрахован от негативных последствий нерационального земледелия. Изучаемые агроприёмы технологии возделывания сельскохозяйственных культур оказали значительное влияние на содержание гумуса в чернозёме. За 34 года ведения многолетнего опыта, можно отметить, что содержание гумуса возросло от зернопаропропашного севооборота к зернотравянопропашному (таблица 1). Например, без внесения каких-либо удобрений содержание гумуса в пахотном горизонте зернопропашного севооборота было 5,32 %, в зернопропашном – 5,05, а в севообороте с паром уменьшилось ещё на 0,16 % и составило 4,89 %. Следует отметить, что на так называемом контрольном варианте опыта наглядно отражается действие такого фактора как севооборот.

Использование органической системы удобрений способствовало накоплению гумуса в почве на 0,11-0,21 %, в зависимости от насыщенности севооборота. Минеральная система удобрений также обеспечивала рост данного показателя, но с меньшей интенсивностью на 0,07-0,13 %, при этом применение удвоенной дозы обеспечивало рост гумуса на математически доказанном уровне, а одна доза удобрений оказала доказанное действие только в зернопропашном севообороте. Данного рода действие минеральных удобрений на изучаемый показатель можно пояснить как рост вегетативной массы растений, которая не отчуждается с поля, а служит дополнительным компонентом для образования органического вещества.

Исследования показывают, что действие органоминеральной системы удобрений может варьироваться в зависимости от структуры севооборота. В частности, при использовании одной дозы подстилочного навоза в сочетании с минеральными удобрениями ($N_{64}P_{64}K_{64}$) в зернопропашном севообороте наблюдается рост содержания гумуса в пределах 0,11-0,22 абсолютных процента. Эта закономерность была математически подтверждена, что свидетельствует о стабильной связи между применением удобрений и увеличением гумуса. Однако в других типах севооборотов, таких как зернотравянопропашной и зернопаропропашной, при тех же условиях влияние удобрений на содержание гумуса оказалось статистически не значимым. Интересно, что при удвоении дозы минеральных удобрений на фоне того же объёма навоза наблюдается заметный рост гумуса. В частности, в севообороте с травами уровень гумуса увеличился на 0,07 %, в зернопропашном – на 0,22 %, а в зернопаропропашном – на 0,14 %. Хотя в первом случае рост не был математически подтверждён, он всё же указывает на наличие определённой тенденции, которая наблюдается во всех севооборотах и при различных способах обработки почвы.

При использовании удвоенной дозы навоза (16 т/га с.п.) картина меняется. Здесь применение минеральных удобрений в одной дозе приводит к увеличению уровня гумуса, тогда как удвоение дозы характеризуется его стабилизацией. Это может быть связано с тем, что избыточное количество минеральных веществ может не всегда эффективно усваиваться растениями и, следовательно, не способствовать дальнейшему увеличению гумуса. В этом контексте рост гумуса от применения одной дозы минеральных удобрений по фону 16 т/га с.п. навоза составил от 0,07 до 0,10 %, причём наибольшее значение отмечено в зернотравянопропашном севообороте.

В среднем, комбинированное применение органических и минеральных удобрений обеспечивает увеличение содержания гумуса на 0,16-0,30 %. Наиболее значительный рост наблюдается при использовании одинарной дозы промышленных удобрений в сочетании с удвоенной дозой навоза. В зависимости от способа основной обработки почвы в зернотравянопропашном севообороте содержание гумуса варьировало от 5,47 до 5,54 %; в зернопропашном от 5,33 до 5,53; в зернопа-

ропропашном от 5,22 до 5,26 %. Таким образом, результаты показывают, что правильное сочетание органических и минеральных удобрений, а также выбор подходящего севооборота, могут существенно повысить уровень гумуса в почве, что, в свою очередь, способствует улучшению её свойств и повышению урожайности культур.

Таблица 1 – Содержание гумуса в почве после прохождения шестой ротации севооборотов, % к массе

Удобрения		Глубина, см	ЗТП*			ЗП			ЗПП			Среднее
Навоз т/га	мин. ед.		В**	Б	М	В	Б	М	В	Б	М	
0	0	0-30	5,32	5,29	5,36	4,96	5,05	5,15	4,86	4,91	4,91	5,09
		30-50	4,51	4,45	4,51	4,34	4,49	4,40	4,40	4,21	4,68	4,44
		0-50	4,91	4,87	4,94	4,65	4,77	4,78	4,63	4,56	5,03	4,79
	1***	0-30	5,38	5,31	5,43	5,09	5,12	5,30	4,92	4,93	4,98	5,16
		30-50	4,64	4,44	4,61	4,20	4,34	4,65	4,18	4,44	4,49	4,44
		0-50	5,01	5,69	5,02	4,64	4,73	4,98	4,55	4,68	4,73	4,89
	2	0-30	5,37	5,41	5,50	5,18	5,16	5,34	4,98	5,05	5,00	5,22
		30-50	4,49	4,47	4,73	4,73	4,30	4,50	4,49	4,44	4,35	4,50
		0-50	4,93	4,94	5,11	4,95	4,73	4,92	4,74	4,75	4,67	4,86
8	0	0-30	5,34	5,39	5,46	5,22	5,11	5,32	4,95	5,00	4,98	5,20
		30-50	4,24	4,61	4,38	4,57	4,47	4,49	4,50	4,33	4,21	4,42
		0-50	4,79	5,91	4,92	4,89	4,79	4,91	4,72	4,67	4,59	4,91
	1	0-30	5,35	5,39	5,40	5,33	5,22	5,54	4,95	5,04	5,03	5,25
		30-50	4,39	4,58	4,37	4,52	4,05	4,80	4,52	4,20	4,29	4,41
		0-50	4,87	4,98	4,88	4,92	4,63	5,17	4,74	4,62	4,66	4,83
	2	0-30	5,43	5,42	5,55	5,30	5,36	5,64	5,01	5,22	5,12	5,34
		30-50	4,63	4,80	4,42	4,83	4,47	4,89	4,53	4,58	4,43	4,62
		0-50	5,03	5,95	4,98	5,07	4,91	5,26	4,77	4,90	4,78	5,07
16	0	0-30	5,41	5,47	5,42	5,31	5,25	5,45	5,13	5,08	5,22	5,30
		30-50	4,47	4,62	4,46	4,36	4,33	4,40	4,66	4,20	4,56	4,45
		0-50	4,94	5,04	4,94	4,84	4,79	4,93	4,89	4,64	4,89	4,88
	1	0-30	5,54	5,47	5,49	5,33	5,42	5,53	5,25	5,26	5,22	5,39
		30-50	4,74	4,50	4,46	4,51	4,40	4,95	4,77	3,99	4,32	4,52
		0-50	5,14	4,98	4,97	4,92	4,91	5,24	5,01	4,62	4,77	4,95
	2	0-30	5,43	5,43	5,47	5,33	5,30	5,45	5,27	5,34	5,17	5,35
		30-50	4,72	4,70	4,66	4,38	4,33	4,54	4,51	4,69	4,49	4,56
		0-50	5,08	5,07	5,07	4,86	4,82	4,99	4,89	5,02	4,83	4,96

НСР₀₅ для слоя 0-30 см: А (севооборот) – 0,047; В (обработка почвы) – 0,047; С (удобрения) – 0,082

Примечание *ЗТП – зерноотравапропашной, ЗП – зернопропашной, ЗПП – зернопаропропашной севообороты;

**В – отвальная обработка, Б – безотвальная, М – минимальная обработка почвы;

***Зерноотравапропашной – N₄₆P₅₆K₅₆, зернопропашной – N₆₄P₆₄K₆₄ и зернопаропропашной – N₆₄P₅₈K₅₈.

Только долгосрочные эксперименты могут установить действие периодического применения любых видов удобрений на продуктивность севооборота, качество урожая и свойства почвы. При систематическом многолетнем внесении удобрений прямое действие удобрений и его последствие, а также косвенные эффекты, связанные с влиянием на свойства почвы, концентрируются в урожайности возделываемой культуры.

Так как содержание гумуса является достаточно стабильной величиной, весьма целесообразно рассматривать изменение данного показателя во времени. Было проведено сравнение полученных результатов после прохождения шестой ротации севооборотов с годом закладки опыта (Рисунок 1) [7]. Перед закладкой опыта в верхнем слое почвы содержание гумуса составляло 4,88-5,32 %.

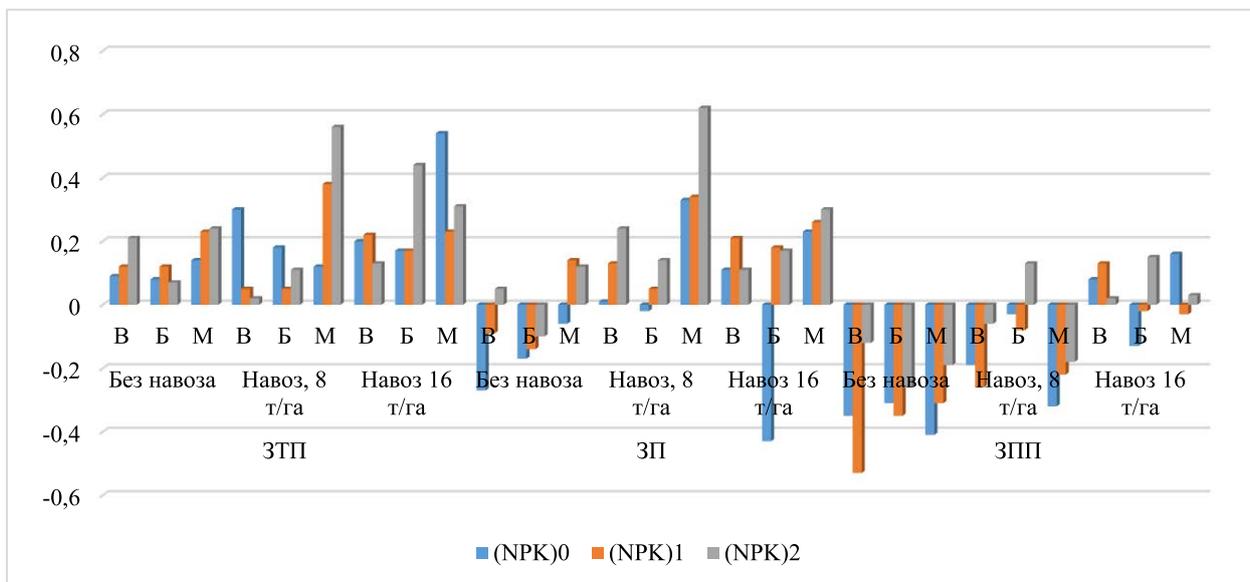


Рис. 1 – Изменение содержания гумуса в почве в шестой ротации севооборотов в слое 0-30 см, % к массе (к показателям 1987 года)

Изучая изменения в динамике содержания гумуса, нельзя не отметить значительное влияние, которое оказывает севооборот на этот процесс. Севооборот с многолетними травами продемонстрировал положительный баланс гумуса, при этом его содержание увеличивалось на 0,08-0,14 % независимо от способа возделывания, даже в условиях отсутствия удобрений. Напротив, в других севооборотах, где также не применялись удобрения, наблюдалось снижение содержания гумуса: в зернопропашном севообороте оно уменьшилось на 0,27 %, а в севообороте с чистым паром – на 0,41 %. Эта разница в динамике гумуса объясняется накопительной ролью растительных остатков, которые в наибольшем количестве остаются в зернотравянопропашном севообороте, тогда как в зернопаропропашном севообороте их количество было минимальным. Интересно, что рост гумуса наблюдался только в зернотравянопропашном севообороте, что подчёркивает его эффективность. Максимальный рост был зафиксирован при совместном внесении 40 т/га органических удобрений и удвоенной дозы минеральных, составил 0,56 %.

В зернопропашном севообороте отмечено положительное влияние минимальной обработки почвы на содержание гумуса. Это наблюдение актуально для всех уровней удобрённости, где разница между способами обработки колебалась от 0,08 до 0,66 %. Эти данные подтверждают не только фактические показатели содержания гумуса, представленные в таблице 1, но и динамику его изменений, отражённую на рисунке 1. Следует отметить, что аналогичное влияние минимальной обработки почвы оказала и в зернотравянопропашном севообороте, где накопление гумуса увеличилось на 0,06-0,54 %. Однако стоит отметить, что в варианте с применением подстильного навоза (8 т/га с.п.) и при совместном внесении удвоенных доз органических и минеральных удобрений наблюдались исключения из этой закономерности.

Специфика действия минеральных удобрений во времени была не однонаправленной, что проявлялось в разных типах севооборотов по-разному. Так, в зернотравянопропашном и зернопропашном севооборотах применение одной дозы промышленных туков способствовало росту содержания гумуса и динамика изменения во времени характеризуется увеличением содержания органического вещества в сравнении с контрольным вариантом (для сравнения в ЗТП без удобрений рост составил 0,10 %, а при использовании (NPK)1 – 0,16 %), причём в зернопропашном севообороте при минимальной обработке отмечался положительный баланс гумуса, а при глубоких обработках уменьшение данного показателя во времени было меньше, в сравнении с контрольными вариантами. В свою очередь двойные дозы промышленных туков лишь стабилизировали его содержание. В зернопаропропашном севообороте напротив, при использовании увеличенных доз минеральных удобрений содержание гумуса во времени практически сохранялось на уровне 1987 года (с небольшим снижением на 0,19 %), в то время как при одной дозе изучаемый показатель уменьшился на 0,40 %. В рассмотренном зернопаропропашном севообороте, после прохождения шести ротаций севооборота с момента закладки опыта, росту гумуса в пахотном слое почвы способствовало использование увеличенных доз органических и минеральных удобрений, и данный рост составил 0,02-0,15 %, а по фону 16 т/га с.п. навоза, как совместно с одной дозой промышленных туков, так и без них – изменения близились к нулевому показателю (0,03 и 0,04 %).

При рассмотрении изменения гумуса в динамике сложнее выделить однозначное действие органических удобрений, так как первоначальное содержание данного почвенного компонента было разным, однако положительное действие отмечено и при данном анализе. Так, в севообороте с паром без применения органических удобрений снижение гумуса составило 0,36 %, при систематическом использовании (раз в пять лет) 40 т/га подстильного навоза сокращение содержания гумуса составило 0,18 %, а за счёт использования 80 т/га навоза содержание гумуса характеризовалось перевесом в сторону увеличения на 0,04 % (данные проценты получены при усреднении показателей по способам обработки почвы). Увеличение содержания гумуса в севообороте с многолетними травами двух лет пользования составило от 0,10 (без удобрений) до 0,30 % (с 16 т/га с.п. навоза).

В настоящее время необходимо уделять внимание и рассмотрению такого важного вопроса, как распределение гумуса по почвенному профилю, в частности в пахотном и подпахотном слоях, в связи с тем что ЦЧР – это район с неустойчивым увлажнением (рисунок 2).

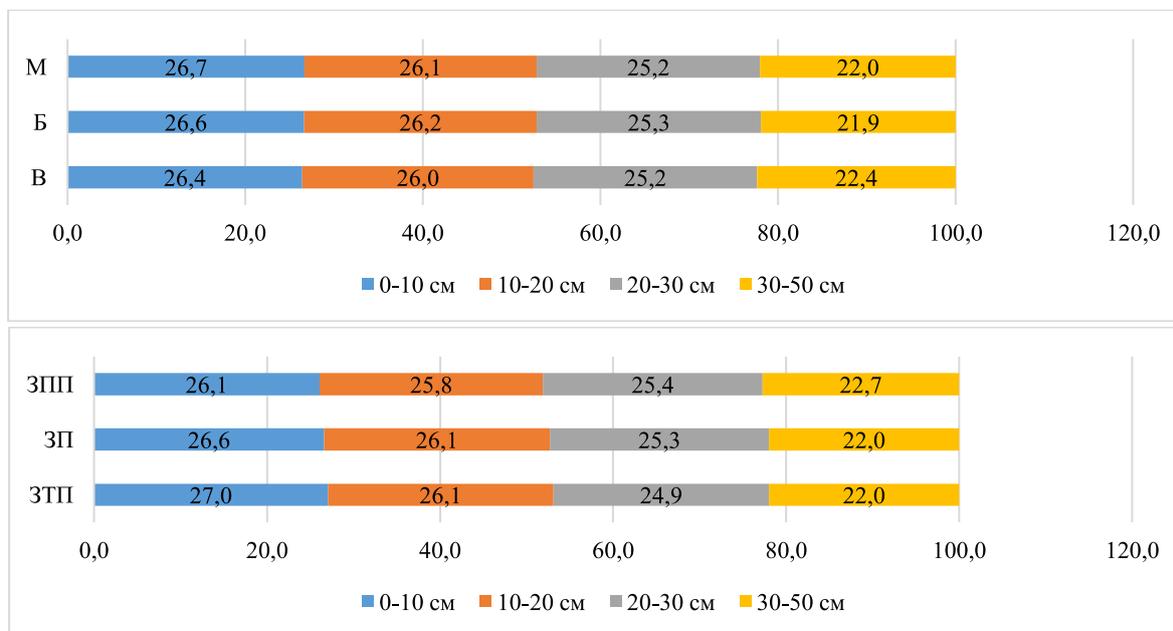


Рис. 2 – Влияние способов обработки почвы и типа севооборота на распределение гумуса по почвенному профилю, % к 0-50 см

Рассматривая действие глубины обработки почвы, отмечалось, что в пахотном слое при вспашке гумуса содержалось 77,6 %, а безотвальная и минимальная обработки характеризовались 78,1 и 78,0 %. Соответственно в подпахотном слое – 22,4 % и 21,9, 22,0 %. Распределение гумуса варьировалось в зависимости от типа севооборота. Одним из наиболее неблагоприятных севооборотов оказался зернопаропропашной, где содержание гумуса составило 77,3 %, что объяснимо минимальным количеством побочной продукции, оставляемой в поле после уборки, в сопоставлении с зернопропашным и зернотравянопропашным, где относительный процент составил 78,0. Наибольший процент гумуса содержался в верхнем слое почвенного профиля зернотравянопропашного севооборота и составил 27,0 %.

В целом исследование подтвердило важность соблюдения основных принципов устойчивого земледелия, направленных на сохранение плодородия почвы. Важно отметить, что правильное применение агротехнических приёмов, таких как рациональный севооборот, щадящие методы обработки почвы и сбалансированное использование удобрений, способствует не только сохранению гумуса, но и обеспечению долгосрочного плодородия почвы.

Заключение. Результаты этого многолетнего эксперимента подчёркивают важность применения правильных агротехнических приёмов для повышения содержания гумуса в почве. В юго-западной части ЦЧР на чернозёме типичном среднемощном в севооборотах, структура которых не содержит многолетних трав, в отсутствии удобрений наблюдается логическое уменьшение органического вещества в пахотном слое на 0,06-0,41 %. Однако, когда рассматривается севооборот с травам – содержание гумуса увеличивается на 0,08-0,14 %. Изучаемая в опыте минеральная система удобрений обеспечила тенденционный рост гумуса пахотного слоя, при этом применение удвоенной дозы способствовало росту гумуса на математически доказанном уровне. Применение органических удобрений также показало положительные результаты, способствуя накоплению на 0,11-0,21 % в зависимости от дозы удобрений. Таким образом, использование органических удобрений является эффективным средством для повышения содержания гумуса. Исследования, проведённые Белгородским федеральным аграрным научным центром, подтвердили, что положительный баланс гумуса в почве возможен как при использовании только органических удобрений, так и в сочетании с минеральными. Результаты исследований могут быть использованы для разработки эффективных агротехнических приёмов, направленных на повышение плодородия почвы и рост урожайности сельскохозяйственных культур. Важно, чтобы фермеры и агрономы осознавали значимость гумуса и внедряли научные рекомендации в свою практику, что в конечном итоге приведёт к устойчивому развитию сельского хозяйства и улучшению качества продукции.

Библиография

1. Лактионов Н.И., Шеларь И.А., Георги А.А., Муха В.Д., Вознюк С.Т. Лабораторный практикум по почвоведению. Харьков. 1968. 207 с.
2. Шатилов И.С., Силин А.Д., Полев Н.А. Состояние и перспективы повышения плодородия почв в Центрально-Чернозёмном экономическом районе РСФСР. Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области. Москва Росагропромиздат. 1990. С. 33–44.
3. Дедов А.А. Плодородие чернозёма типичного и урожайность культур севооборотов при различных способах обработки почвы и приёмах биологизации в лесостепи ЦЧР. Автореферат на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. Воронеж. 2016. 25 с.
4. Масютенко Н.П. Трансформация органического вещества в чернозёмных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства. Москва. 2012. 150 с.
5. Тютюнов С.И. Изменение показателей плодородия чернозёма типичного под влиянием зернотравянопропашного севооборота / С. И. Тютюнов, И. В. Логвинов, Е. В. Навольнева // Плодородие. 2024. № 3(138). С. 14–19. DOI 10.24412/1994-8603-2024-3138-14-19.
6. Цыгуткин А.С. Изучение влияния технологий возделывания сельскохозяйственных культур и почвы, как саморазвивающейся системы, на содержание гумуса / А. С. Цыгуткин, А. В. Азаров // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 6. С. 44–49. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10608.

7. Дериглазова Г.М. Основы научных исследований в агрономии. Практикум для аспирантов по научной специальности: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство / Г. М. Дериглазова, А. В. Гостев. – Курск : Курский федеральный аграрный научный центр, 2024. 106 с. ISBN 978-5-6051166-7-7.

References

1. Laktionov N.I., Shelar I.A., Georgi A.A., Mukha V.D., Voznyuk S.T. Laboratory workshop on soil science. Kharkov, 1968. 207 p.
2. Shatilov I.S., Silin A.D., Polev N.A. The state and prospects of increasing soil fertility in the Central Chernozem economic region of the RSFSR. Improving the efficiency of agriculture and agro-industrial production in the Belgorod region. Moscow Rosagropromizdat. 1990. Pp. 33–44.
3. Dedov A.A. Fertility of typical chernozem and crop yields of crop rotations with various methods of tillage and methods of biologization in the forest-steppe of the Central Asian Republic. Abstract for the degree of Candidate of Agricultural Sciences. Voronezh. 2016. 25 p.
4. Masyutenko N.P. Transformation of organic matter in chernozem soils of the Central Asian Republic and its reproduction systems. Moscow. 2012. 150 p.
5. Tyutyunov S.I. Changes in the fertility of typical chernozem under the influence of grain-grass crop rotation / S. I. Tyutyunov, I. V. Logvinov, E. V. Navolneva // Fertility. 2024. № 3(138). Pp. 14–19. DOI 10.24412/1994-8603-2024-3138-14-19.
6. Tsygutkin A.S. Studying the influence of technologies of cultivation of agricultural crops and soil, as a self-developing system, on the content of humus / A. S. Tsygutkin, A. V. Azarov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2021. Vol. 35, № 6. Pp. 44–49. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10608.
7. Deriglazova G.M. Fundamentals of scientific research in agronomy. Workshop for postgraduates in the scientific specialty: 4.1.1. General agriculture and crop production / G. M. Deriglazova, A. V. Gostev. – Kursk : Kursk Federal Agrarian Scientific Center, 2024. 106 p. ISBN 978-5-6051166-7-7.

Сведения об авторах

Тютюнов Сергей Иванович, академик РАН, директор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Белгородский Федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Адрес: 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, тел. (4722) 27-64-76.

Наволнева Екатерина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории плодородия почв и мониторинга, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Белгородский Федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Адрес: 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, тел. 89103262054, e-mail: Navekavika@gmail.com.

Дорохин Кирилл Викторович, младший научный сотрудник лаборатории плодородия почв и мониторинга, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Белгородский Федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Адрес: 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, тел. 89803777718.

Каторгин Денис Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории плодородия почв и мониторинга, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Белгородский Федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Адрес: 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, тел. 89524208879.

Шестопалов Игорь Олегович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Белгородский Федеральный аграрный научный центр Российской академии наук». Адрес: 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, тел. 89517698002.

Information about authors

Tyutyunov Sergey Ivanovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences». Address: 308001, Belgorod, Oktyabrskaya str., 58, tel. (4722) 27-64-76.

Navolneva Ekaterina Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Laboratory of Soil Fertility and Monitoring, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences». Address: 308001, Belgorod, Oktyabrskaya str., 58, tel. 89103262054, e-mail: Navekavika@gmail.com.

Dorokhin Kirill Viktorovich, Junior Researcher at the Laboratory of Soil Fertility and Monitoring, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences». Address: 308001, Belgorod, Oktyabrskaya str., 58 tel. 89803777718.

Katorgin Denis Igorevich, Junior Researcher at the Laboratory of Soil Fertility and Monitoring, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences». Address: 308001, Belgorod, Oktyabrskaya str., 58, tel. 89524208879.

Shestopalov Igor Olegovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Wheat, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences». Address: 308001, Belgorod, Oktyabrskaya str., 58, tel. 89517698002.

УДК 631.523.85:631.527:633.11"324"(470.325)

И.О. Шестопалов, О.В. Акинишина, Н.Н. Шестопалова, Е.В. Навольнева, И.И. Михайленко, Г.И. Шестопалов, Д.В. Володин, Я.О. Козелец

АНАЛИЗ МОРОЗОСТОЙКОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В данном исследовании была проведена работа, направленная на оценку адаптации сортов озимой пшеницы к изменяющимся климатическим и погодным условиям нашего региона, конкретно морозостойкости. Выявление сортов с высокой устойчивостью к резким понижениям температуры воздуха имеет критическое значение для повышения урожайности и обеспечения продовольственной безопасности региона в условиях изменения климата. Сочетание в одном сорте свойства зимостойкости и высокой урожайности является весьма существенным и актуальным.

Цель исследования – провести испытания сортов белгородской селекции и селекции южных регионов на устойчивость к абioфакторам среды Юго-Западной части ЦЧР РФ.

В ходе исследования, проведенного в 2022-2024 гг. на опытном поле «Белгородского ФАНЦ РАН», были рассмотрены климатические условия региона, влияющие на урожайность. В качестве исследуемых материалов были использованы сорта местного региона: Альмера, Ариадна, Корочанка, Синтетик, Богданка, Везёлка, Сирена, Заречная; а также сорта из Московской области: Скипетр; и Краснодарского края: Алексеич, Фёдор, Тимирязевка 150 [1].

Особое внимание было уделено периодам переменной температуры и их последствиям для перезимовки сортов. Сбор данных о сортовой устойчивости проводился по различным агрономическим показателям. Результаты показали, что местные сорта успешно пережили зимние заморозки и нестабильные погодные условия, тогда как сорта южной селекции показали значительные потери. Анализ сортов показал, что среди наиболее адаптированных сортов хорошо себя проявили Альмера, Ариадна и Сирена, в то время как сорта Краснодарского края Тимирязевка 150, Алексеич и Фёдор показали себя не с лучшей стороны (вымокание в зиму 2024 года составило до 70 % от общего числа растений).

Ключевые слова: показатель адаптации, мягкая озимая пшеница, урожайность, общая морозозимостойкость.

ANALYSIS OF THE FROST RESISTANCE INDEX OF LOCAL AND NON-REGIONAL VARIETIES OF WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE BELGOROD REGION

Abstract. In this study, work was carried out aimed at assessing the adaptation of winter wheat varieties to changing climatic and weather conditions of our region, specifically frost resistance. Identifying varieties with high resistance to sudden drops in air temperature is critical for increasing yields and ensuring food security in the region in the context of climate change. The combination of winter hardiness and high yield in one variety is very significant and relevant.

The purpose of the study is to test varieties of Belgorod selection and selection of southern regions for resistance to environmental abiofactors in the South-Western part of the Central Black Earth Region of the Russian Federation.

During the study, conducted in 2022-2024 on the experimental field of the Belgorod Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, the climatic conditions of the region affecting yields were considered. The following varieties from the local region were used as the test materials: Almera, Ariadna, Korochanka, Sintetik, Bogdanka, Vezelka, Sirena, Zarechnaya; as well as varieties from the Moscow region: Skipetr; and Krasnodar Krai: Alekseich, Fedor, Timiryazevka 150 [1]. Particular attention was paid to periods of variable temperatures and their consequences for the overwintering of varieties. Data on varietal resistance was collected using various agronomic indicators. The results showed that local varieties successfully survived winter frosts and unstable weather conditions, while varieties of southern selection showed significant losses. An analysis of the varieties showed that among the most adapted varieties, Almera, Ariadna and Sirena performed well, while the varieties of the Krasnodar Territory Timiryazevka 150, Alekseich and Fedor did not show their best side (soaking in the winter of 2024 amounted to 70 % of the total number of plants).

Keywords: adaptation index, soft winter wheat, yield, general frost resistance.

Введение. В Белгородской области культивируется свыше 60 сортов озимой мягкой пшеницы. Выбранные нами образцы отражают основные сорта озимых культур, распространенных в нашем регионе. Каждый сорт обладает как преимуществами, так и недостатками, которые зависят от климатических условий [2, 3]. Поэтому важно выбирать сорта, которые обеспечивают высокую урожайность и устойчивость к экологическим изменениям [4]. Это является ключевым фактором для получения значительных урожаев и содействия экономической независимости нашей страны. В исследованиях применялись методы оценки морозостойкости сортов озимой пшеницы с целью в дальнейшем использовать в селекционной работе [5], а также рекомендовать их сельхозпроизводителям как наиболее перспективные сорта для выращивания в своих хозяйствах. В разных регионах нашей страны существуют разные причины снижения урожайности пшеницы. Это связано с тем, что сезон выращивания пшеницы охватывает почти все времена года. [6, 7, 8].

В Белгородской области основными факторами недополучения урожая пшеницы являются резко меняющийся температурный режим, частые оттепели, способствующие накоплению избыточной влаги под снежным покровом, приводящие к вымоканию растений. К не менее пагубным явлениям, влияющим на развитие пшеницы, относятся воздушная и почвенная засуха, весна и лето 2024 года наглядное тому свидетельство.

В последние годы, в связи с изменением климатических условий, для оценки урожайности озимой пшеницы стало необходимо использовать климатические условия региона выращивания озимой пшеницы. Климатические условия региона выращивания этой культуры основываются на данных, полученных в результате экспериментальных исследований урожайности за несколько лет и показатели текущих климатических условий [11].

Материалы и методы. Исследовательская работа проводилась в 2022-2024 гг. на территории Белгородской области х. Гонки на опытном поле лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы «Белгородского ФАНЦ РАН».

Почва опытного участка – типичные среднесуглинистые малогумусные тяжелосуглинистые черноземы на лессовидном суглинке с содержанием 4,7-5,6 % гумуса, рН солевой вытяжки 5,8-6,3, подвижный фосфор и обменный калий содержатся соответственно в количестве 67-78 и 88-112 мг/кг почвы, степень насыщенности основаниями около 90 % [9].

Таблица 1 – Перечень сортов озимой мягкой пшеницы, послужившие материалом в исследовании

№	Название сорта	Учреждение оригинатор	Регион районирования
1	Альмера	ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»	5
2	Ариадна		5
3	Корочанка		5
4	Синтетик		5
5	Богданка		5
6	Везёлка		5
7	Сирена		5
8	Заречная		5
9	Скипетр	Полетаев Г.М.	3,5
10	Алексеич	ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»	5,6
11	Федор		5,6
12	Тимирязевка 150		5,6

Исследуемый материал по общепринятой методике [10] высевали в четырехкратной повторности, S участков 20 м². Расчетное количество семян по всем образцам составило 5,5 мл/га. Высев испытуемых образцов проводили в первой декаде сентября, предшественник черный пар, полные всходы были отмечены через семь дней с начала посева.

Во время научного опыта были проведены необходимые сельскохозяйственные работы: перед предпосевной культивацией была произведена подкормка азотосодержащей (16:16:16) 300 кг/га в физическом весе, сеялкой СЗ-3,6, подготовка почвы к посеву производилась культиватором АКШ-6. При посеве использовалась селекционная сеялка СНК – 5-6-10.

Высевали семена на глубину 4,0-4,5 см, в третьей декаде апреля вручную вносили аммиачную селитру, на каждую делянку, доза удобрений 250 кг/га, в борьбе с сорняками применялись гербициды Балерина + Магнум.

В процессе вегетационного периода озимой пшеницы проводили фенологические наблюдения, охватывающие такие фазы, как всходы и начало кущения, выход в трубку и колошение. Регистрация состояния посевов включала такие показатели, как перезимовка и стойкость к засухе, высота растений и их способность противостоять полеганию. Оценка этих характеристик производилась по пятибалльной шкале. Уборка селекционных опытных участков осуществлялась с использованием комбайна Samro-130.

Результаты и их обсуждение. Осенний период 2022 года был теплым и дождливым. В сентябре температура воздуха была на уровне среднесезонной, сумма осадков в этот период в 3 раза превышала среднесезонный показатель и составила 130,4 мм. Дождливая погода затянула сев озимых, с 5 по 19 сентября.

Всходы появились неравномерно через 7-8 дней после посева. В октябре выпало осадков порядка 95 мм, дневные температуры достигали +18 °С (рис. 1, 2), что способствовало прекрасному осеннему кущению.

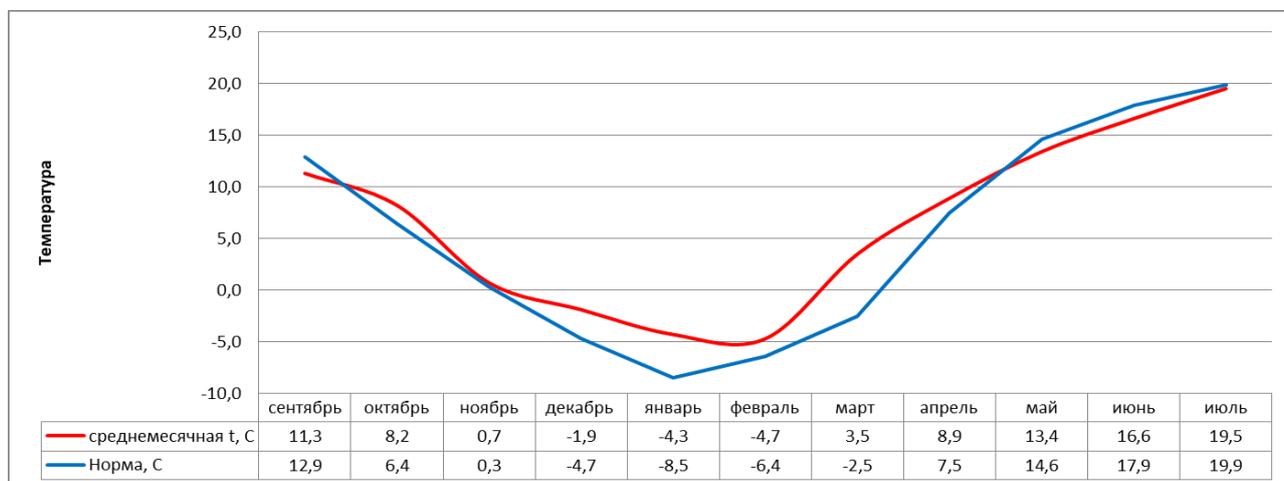


Рис. 1 – Показатели температуры за период вегетации 2022-2023 гг..

Нужно отметить, что кущение проходило равномерно у всех сортов, находившихся в испытании, и составило 3-3,5 стебля в растении. В период осенней вегетации растения прошли хорошую закалку, чему способствовали солнечные дни октября (рис. 1).

С резким изменением температуры воздуха осеннее развитие растений прекратилось 6 ноября.

Следует подчеркнуть, что температурный режим ноября и декабря отрицательно не повлиял на перезимовку озимой пшеницы, осадки были обильными, превышали среднесезонные показатели, самая низкая температура воздуха не опускалась ниже -12,5 °С, но в результате частых оттепелей снежный покров полностью отсутствовал. В январе земля была оголена, снега не было и весь месяц был засушлив, в первой декаде января 7-8 числа ночные температуры упали до -20 °С, это способствовало частичной гибели озимых.

Февральская погода никак не повлияла на перезимовку озимых, снежный покров в этот период достигал 13 см, что значительно меньше среднесезонных показателей, но и средняя температура не опускалась ниже -12 °С.

В сезон 2022-2023 гг. при минимальном снежном покрове, низкая ночная температура января оказала существенное влияние на уровень перезимовки озимой пшеницы.

В значительной мере вымерзли сорта южной селекции, такие как Алексеич и Тимирязевка 150, при этом зимовка составила 70 %; сорт Федор показал 80 % выживаемости среди всех посевов.

Важно отметить, что местные сорта, такие как Альмера, Ариадна, Корочанка, Синтетик, Богданка, Везелка, Сирена и Заречная, а также московский сорт Скипетр, благодаря своим высоким показателям морозостойкости, благополучно перезимовали без потерь. Результаты наглядно представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатель зимостойкость сортов озимой пшеницы 2022-2024 гг. селекции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» и других селекцентров России

Название сорта	2022-2023 гг.		2023-2024 гг.	
	Зимостойкость, баллы	Отклонение от St	Зимостойкость, баллы	Отклонение от St
Альмера	5	0	4	0
Алексейч	3,5	-1,5	2,5	-1,5
Федор	4	-1	2,5	-1,5
Тимирязевка 150	3,5	-1,5	2	-2
Ариадна	5	0	4	0
Корочанка	5	0	4,5	+0,5
Синтетик	5	0	4,5	+0,5
Богданка	5	0	4,5	+0,5
Везелка	5	0	4,5	+0,5
Сирена	5	0	4	0
Заречная	5	0	3,5	-0,5
Скипетр	5	0	4,5	+0,5
ср. ± ошиб. ср	4,67±0,18	-	3,75±0,26	-
$t_{\text{факт.}}=2,88$				
$НСР_{0,95}=0,71$				

Благодаря хорошей перезимовке сортов озимой пшеницы белгородской и московской селекции, пересев озимых в нашем регионе составил всего 16 % от общих посевов, с ежегодным высевом до 440 тыс. га этой культуры.

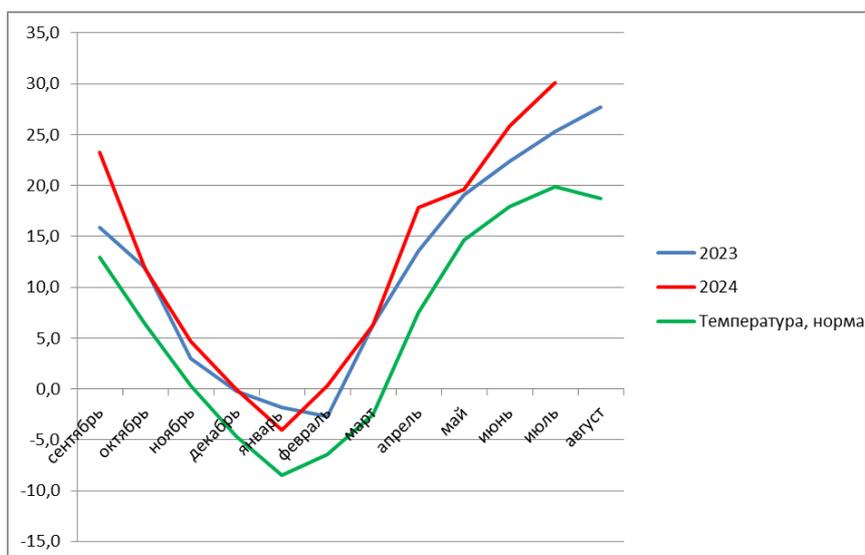


Рис. 2 – Показатели температуры за период вегетации 2023-2024 гг.

Полевой сезон периода 2023-2024 гг. существенно отличался по температурному режиму в худшую сторону. Сев озимой пшеницы был совершен 2-6 сентября, температура доходила до +25 °С, 5 сентября выпали осадки 31 мм, за счёт чего всходы наблюдались на пятый день. Первые три недели растения стремительно развивались, началось кушение, а в дальнейшем наступила засуха, среднемесячная температура сентября составила +20,1 °С, осадков больше не было. Пшеница стояла угнетённой, боковые листья стали отмирать, первые осадки выпали 25 октября.

Двадцатого ноября завершилась осенняя вегетация растений, и пшеница ушла на зимовку без должной закалки, так как солнечных дней оказалось крайне мало. В декабре выпало значительное количество осадков – 110 мм, а минимальная температура не опустилась ниже -8 °С, что положительно сказалось на зимовке озимых культур.

Начало января принесло температурные неожиданности: дневные температуры оставались положительными, снежный покров достиг 8 см. Однако с 9 по 13 января ночные температуры упали до -21 °С, что негативно повлияло на уровень зимостойкости озимой пшеницы, особенно краснодарской селекции (рис. 2).

К концу месяца за счёт осадков снежный покров увеличился и составил 24 см. Более двух недель дневная температура февраля превышала многолетние показатели, достигала до +6 °С, за счёт чего под снежным покровом накопилось избыточное количество влаги, да и осадки в феврале составили порядка 30 мм. Всё это привело к вымоканию растений озимой пшеницы (рис.3). Температурный режим февраля стал самым пагубным для развития пшеницы в эту зиму.

Нужно отметить, что местные сорта оказались более адаптированы и потери составили не более 20 % от общего количества растений, у краснодарских сортов этот показатель составил порядка 45-50 %.

В связи с плохой перезимовкой сортов южной селекции, на которые приходится большая часть площадей озимой пшеницы в Белгородской области, площадь пересева в 2024 году составила около 40 процентов от общей площади посевов.



Рис. 3 – Состояние озимых к началу весенней вегетации

Сельхозпроизводителям нашего региона нужно более внимательно относиться к выбору сортов озимой мягкой пшеницы, проводить консультации с профильными специалистами, обратить внимание на сорта местной селекции, ведь они более адаптированы к почвенно-климатическим условиям и капризам погоды в нашем регионе.

Таблица 3 – Урожайность сортов озимой пшеницы 2022-24 гг. селекции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» и других селекцентров России

Название сорта	Урожайность по годам, т/га	
	2023 г.	2024 г.
Альмера	8,5	4,2
Ариадна	7,9	5,0
Корочанка	8,5	5,2
Синтетик	7,5	4,7
Богданка	7,2	4,0
Везелка	8,9	5,1
Сирена	8,1	3,8
Заречная	8,0	4,0
Скипетр	7,1	5,1
Алексеич	6,5	2,6
Федор	6,1	2,9
Тимирязевка	7,0	2,3
ср. ± ошиб. ср	7,60±0,24	4,07±0,29
НСР_{0,95}=0,85	t_{факт}=9,19	

Заключение. В период исследований 2022-2024 гг. мы стали свидетелями частичного вымерзания озимой пшеницы в бесснежную зиму 2023 года, и массового вымокания растений в теплый февраль 2024 года. Все это привело к существенному недобору урожая озимых.

За последние несколько лет нашим аграрно-научным центром районированы и внесены в Госреестр охраняемых научных достижений четыре новых сорта озимой мягкой пшеницы Сирена, Заречная, Лариса, Ольшанка. Все эти пшеницы имеют высокий показатель урожайности, за годы Госсортоиспытаний они превышали сорт стандарт – от 1,1 т/га до 1,6 т/га и обладают высокими хлебопекарными качествами, сорта по своим показателям относятся к группе ценных, процентное содержание протеина превышает 14 %. Все эти сорта способны противостоять негативным факторам погоды, которые в последние годы все чаще дают о себе знать.

Семеноводство этих сортов в нашем центре ведется на профессиональном уровне, в следующем году планируется продажа первых партий семян.

Помимо районированных сортов в результате селекционной работы согласно государственному заданию на тему «Создание новых сортов озимой мягкой пшеницы с улучшенными экономическими значимыми свойствами (продуктив-

ность, качество), повышенной устойчивостью к био-и абиотическим факторам среды ЦЧР Российской Федерации)» выделены перспективные номера озимой пшеницы, воплотившие в себе лучшие свойства родительской формы (Московская 39 X Одесская 267) X Безостая 100, (Волжская 6 X Белгородская 16) X Фёдор, (Слобода X Корочанка) X Батя. Нашему коллективу удалось создать новые генотипы озимой мягкой пшеницы с высокими показателями продуктивности, качества зерна и повышенной устойчивостью к негативным изменениям погоды.

Библиография

1. Нецветаев В.П., Филиппова Ю.М., Козелец Я.О., Ащеулова А.П. Сорты озимой пшеницы из географически разных мест происхождения в условиях Белгородской области // Инновации в АПК: проблемы и перспективы 2018. № 4(20). С. 128–134.
2. Гурбанов Ф.Х. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений / Ф. Х. Гурбанов. Баку : Араз, 2011. 384 с.
3. Наскидашвили П. Влияние реципрокных скрещиваний на уровень завязываемости гибридных зерен при гибридизации географически-экологически отдаленных форм пшеницы // Научные труды. Тбилиси, 2000. С. 77–78.
4. Хангильдин В.В. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы / В. В. Хангильдин, Н. А. Литвиненко // Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. 1981. Т. 1(39). С. 8–13.
5. Некрасова О.А., Подгорный С.В. и др. Изучение линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании по хозяйственно-целевым признакам // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 36–39.
6. Абдуллаев А. Селекционная оценка перспективных линий и сортов озимой мягкой пшеницы / А. Абдуллаев, М. Шихоев // Актуальные вопросы сельскохозяйственной науки. Научные труды. Тбилиси, 2000. С. 175–177.
7. Абдуллаев А.М. Краткие результаты селекции мягкой пшеницы в условиях орошения / А. М. Абдуллаев // Аз. Научные труды Института сельского хозяйства. 2013. Т. XXIV. С. 28–35.
8. Балашов А.В. Особенности происхождения фаз развития озимой пшеницы в осенний период в зависимости от почвенно-климатических условий // Вестник Ставропольского ГАУ. 2007. № 3. С. 5–6.
9. Самофалова М.Е., Скрипка О.В., Марченко Д.М. и др. Характеристика сортов и гибридов ФГБНУ «АНЦ «Донской». Каталог. Воронеж, 2019. 132 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Соловichenko В.Д., Тютюнов С.И. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. Белгород : «Отчий край», 2013. 372 с.

References

1. Netsvetaev V.P., Filippova Yu.M., Kozelets Ya.O., Ascheulova A.P. Varieties of winter wheat from geographically different places of origin in the Belgorod region // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2018. № 4(20). Pp. 128–134.
2. Gurbanov F.H. Selection and seed production of agricultural plants / F. H. Gurbanov. Baku : Araz, 2011. 384 p.
3. Naskidashvili P. The influence of reciprocal crosses on the level of maturation of hybrid grains during hybridization of geographically and ecologically remote forms of wheat // Scientific papers. Tbilisi, 2000. Pp. 77–78.
4. Hangildin V.V. Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties / V. V. Hangildin, N. A. Litvinenko // Scientific and Technical Bulletin of the All-Union Breeding and Genetic Institute. 1981. Vol. 1(39). Pp. 8–13.
5. Nekrasova O.A., Podgorny S.V. et al. The study of winter soft wheat lines in competitive variety testing according to economic and target characteristics // Grain farming of Russia. 2018. № 3(57). Pp. 36–39.
6. Abdullaev A. Selection evaluation of promising lines and varieties of winter soft wheat / A. Abdullaev, M. Shikhoev // Actual issues of agricultural science. Scientific works. Tbilisi, 2000. Pp. 175–177.
7. Abdullaev A.M. Brief results of soft wheat breeding under irrigation conditions / A. I. Abdullaev // Az. Scientific papers of the Institute of Agriculture. 2013. Vol. XXIV. Pp. 28–35.
8. Balashov A.V. Features of the origin of the phases of development of winter wheat in the autumn period depending on soil and climatic conditions // Bulletin of the Stavropol State Agrarian University. 2007. № 3. С. 5–6.
9. Samofalova M.E., Skripka O.V., Marchenko D.M. et al. Characteristics of varieties and hybrids of the Federal State Budgetary Educational Institution «ANTS «Donskoy». Catalog. Voronezh, 2019. 132 p.
10. Dospekhov B.A. Methodology of field experience / B. A. Dospekhov. M. : Agropromizdat, 1985. 351 p.
11. Solovichenko V.D., Tyutyunov S.I. Soil cover of the Belgorod region and its rational use. Belgorod : «Fatherland», 2013. P. 372.

Сведения об авторах

Шестопалов Игорь Олегович, старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, д. 58, г. Белгород, Россия, 308001, тел. +74722 27-64-75, e-mail: ig.shestopalov@yandex.ru.

Акиншина Ольга Владимировна, научный сотрудник, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, д. 58, г. Белгород, Россия, 308001, тел. +74722 27-64-75, e-mail: akinshinaolga@bk.ru.

Шестопалова Наталья Николаевна, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГАОУ ВО «Белгородский национальный исследовательский университет», ул. Победы, д. 85, г. Белгород, Россия, 308015, тел. +7 980 391 19 45, e-mail: shestopalova@bsu.edu.ru.

Навольнева Екатерина Викторовна, научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, д. 58, г. Белгород, Россия, 308001, тел. +74722 27-64-75, e-mail: navekavika@gmail.com.

Михайленко Ирина Ивановна, научный сотрудник, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, д. 58, г. Белгород, Россия, 308001, тел. +74722 27-64-75, e-mail: ira-mik86@yandex.ru.

Шестопалов Георгий Игоревич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, д. 58, г. Белгород, Россия, 308001, тел. +74722 27-64-75, e-mail: shestopalov.georg@yandex.ru.

Володин Дмитрий Владимирович, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, д. 58, г. Белгород, Россия, 308001, тел. +74722 27-64-75, e-mail: rzz1806@mail.ru.

Козелец Яна Олеговна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», ул. Октябрьская, д. 58, г. Белгород, Россия, 308001, тел. +74722 27-64-75.

Information about authors

Shestopalov Igor Olegovich, Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Sciences», Oktyabrskaya str., 58, Belgorod, Russia, 308001, tel. +74722 27-64-75, e-mail: ig.shestopalov@yandex.ru.

Akinshina Olga Vladimirovna, Researcher, Candidate of Biological Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Sciences», Oktyabrskaya str., 58, Belgorod, Russia, 308001, tel. +74722 27-64-75, e-mail: akinshinaolga@bk.ru.

Shestopalova Natalia Nikolaevna, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Belgorod National Research University, Pobedy str., 85, Belgorod, Russia, 308015, tel. +7 980 391 19 45, e-mail: shestopalova@bsu.edu.ru.

Navolneva Ekaterina V., Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Sciences», Oktyabrskaya str., 58, Belgorod, Russia, 308001, tel. +74722 27-64-75, e-mail: navekavika@gmail.com.

Mikhaylenko Irina Ivanovna, Researcher, Candidate of Biological Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Sciences», Oktyabrskaya str., 58, Belgorod, Russia, 308001, tel. +74722 27-64-75, e-mail: ira-mik86@yandex.ru.

Shestopalov Georgy Igorevich, Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Sciences», Oktyabrskaya str., 58, Belgorod, Russia, 308001, tel. +74722 27-64-75, e-mail: shestopalov.georg@yandex.ru.

Volodin Dmitry Vladimirovich, Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Sciences», Oktyabrskaya str., 58, Belgorod, Russia, 308001, tel. +74722 27-64-75, e-mail: rzi1806@mail.ru.

Kozelets Yana Olegovna, Junior Researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution «Belgorod Federal Agricultural Research Centre of the Russian Academy of Sciences», Oktyabrskaya str., 58, Belgorod, Russia, 308001, tel. +74722 27-64-75.

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 658.15

Ж.А. Ульянова, Е.А. Голованева, Е.А. Базовкина

КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В СИСТЕМЕ РАНЖИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Статья посвящена рейтинговой оценке финансового состояния сельскохозяйственных организаций Белгородской области. Была проведена аналитическая работа, в результате которой была раскрыта теоретическая сущность методов оценки финансового благополучия трех организаций – СПК «Колхоз имени Горина», ООО «Русагро-Инвест», ООО «АгроСервис». Также был составлен рейтинг их финансового состояния с учетом эталонных значений показателей. В ходе исследования были изучены различные подходы и методы, предложенные учеными-экономистами, занимающимися данной проблематикой. Изученные методические подходы определяются абстрагированностью показателей финансового состояния. Рассмотренные показатели рентабельности, оборачиваемости, финансовой устойчивости раскрывают лишь отдельные стороны финансово-хозяйственной деятельности предприятий. Авторы считают, что существует потребность в разработке интегрального подхода к оценке финансового состояния. В статье представлена матрица, которая используется для оценки соответствия показателей финансового состояния предприятий эталонным значениям. В статье также описаны этапы процесса оценки, включая сбор и анализ информации, ранжирование организаций по рейтингу, расчет общего балла и определение рейтинговой оценки. Кроме того, в статье рассматривается система показателей, используемая для оценки финансового состояния. Исследование основано на анализе основных показателей деятельности сельскохозяйственных организаций. Рассмотренная методика включает в себя четыре группы показателей для рейтинговой оценки предприятий: коэффициенты ликвидности, показатели рентабельности, коэффициенты оборачиваемости и показатели финансовой устойчивости. По результатам исследования высокий рейтинг нами определен в сельхозорганизации с минимальным рейтинговым значением. В статье подчеркивается, что использование рейтингового метода в оценке финансового состояния предприятий позволяет не только представить информацию о их деятельности в упорядоченной форме для внутренних и внешних пользователей, но и определить более эффективные способы инвестирования капитала.

Ключевые слова: ключевые показатели, финансовая устойчивость, ранжирование, рейтинг.

KEY INDICATORS IN THE RANKING SYSTEM AGRICULTURAL ORGANIZATIONS OF THE BELGOROD REGION

Abstract. The article is devoted to the rating assessment of the financial condition of agricultural organizations in the Belgorod region. Analytical work was carried out, as a result of which the theoretical essence of methods for assessing the financial well-being of three organizations was revealed – SEC «Gorin Collective Farm», LLC «Rusagro-Invest», LLC «Agroservice». A rating of their financial condition was also compiled, taking into account the reference values of the indicators. In the course of the study, various approaches and methods proposed by economic scientists dealing with this issue were studied. The studied methodological approaches are determined by the abstraction of financial condition indicators. The considered indicators of profitability, turnover, and financial stability reveal only certain aspects of the financial and economic activities of enterprises. The authors believe that there is a need to develop an integrated approach to assessing financial condition. The article presents a matrix that is used to assess the compliance of indicators of the financial condition of enterprises with reference values. The article also describes the stages of the evaluation process, including the collection and analysis of information, ranking organizations by rating, calculating the total score and determining the rating score. In addition, the article discusses the system of indicators used to assess the financial condition. The study is based on an analysis of the main performance indicators of agricultural organizations. The considered methodology includes four groups of indicators for rating enterprises: liquidity ratios, profitability indicators, turnover coefficients and financial stability indicators. According to the results of the study, we have determined a high rating in an agricultural organization with a minimum rating value. The article emphasizes that the use of the rating method in assessing the financial condition of enterprises allows not only to provide information about their activities in an orderly manner for internal and external users, but also to identify more effective ways to invest capital.

Keywords: key indicators, financial stability, ranking, rating.

В условиях современного функционирования сельскохозяйственных организаций в Белгородской области, которые сталкиваются с различными сложностями, возникают неустойчивые условия работы хозяйствующих субъектов. Такая тенденция сопровождается недостаточностью финансовых средств и снижением эффективности финансово-хозяйственной деятельности, что в последующем отражается на финансово-экономических показателях предприятий. В данной ситуации требуется пересмотр отдельных методик анализа и показателей, определяющих ключевые аспекты финансового состояния и их интеграцию в системы оценки. После проведения анализа следует выявлять проблемные моменты финансового состояния и факторы, влияющие на финансовое оздоровление предприятий. В настоящее время информационное обеспечение играет важную роль в управлении финансами сельскохозяйственных предприятий, особенно данные о результативности и доходности. Оценка этих данных помогает принимать стратегические управленческие решения.

Существует множество методик анализа финансового состояния предприятий, основанных на финансовых коэффициентах, для оценки текущего финансового положения экономического субъекта [1, 4]. Исследование финансового положения предприятия представляет интерес как для внутренних, так и для внешних заинтересованных лиц, так как это позволяет принимать управленческие решения. Поэтому требуется использование методики анализа, которая учитывает не только общее финансовое состояние, но и кредитоспособность, уровень оснащенности и степень развития компании. Исследуемая методика будет давать всесторонний аспект финансово-экономической деятельности предприятий на основе ранжирования

бизнес-единиц [2]. Отдельные методики анализа базируются на расчете отдельных показателей, они информируют об отдельных областях экономической деятельности предприятий.

На сегодняшний день появляется потребность в оценке комплексных методик финансового положения организаций. Безусловно, ключевым показателем, характеризующим доходность экономической деятельности экономических субъектов, служит финансовый результат, он и является гарантом успешного управления бизнесом [5]. В качестве объектов исследования послужили сельскохозяйственные организации Белгородской области: СПК «Колхоз имени Горина», ООО «Русагро-Инвест», ООО «Агро-Сервис». В таблице 1 мы предоставляем основные показатели финансово-хозяйственной деятельности, которые были получены из официальной годовой бухгалтерской (финансовой) отчетности и использованы для составления рейтинга [9].

Таблица 1 – Показатели деятельности сельскохозяйственных предприятий за 2023 год

Наименование показателя	СПК «Колхоз имени Горина»	ООО «Русагро-Инвест»	ООО «АгроСервис»
Выручка, тыс. руб.	2638893	28139330	426815
Себестоимость продаж, тыс. руб.	2233647	16162313	214991
Собственный капитал, тыс. руб.	6112101	21235368	334915
Материальные внеоборотные активы, тыс. руб.	2805430	8099797	178278
Среднесписочная численность работников, чел.	994	1970,6	75
Оборотные активы, тыс. руб.	3789015	15865321	534316
Дебиторская задолженность, тыс. руб.	1011978	12298803	90655
Кредиторская задолженность, тыс. руб.	178347	3091332	30601
Прибыль от продаж, тыс. руб.	267263	8510512	165541
Чистая прибыль, тыс. руб.	207670	6863544	163437
Уровень рентабельности основной деятельности, %	11,97	52,66	77,00

Данные таблицы свидетельствуют, что рассмотренные объекты исследования демонстрируют прибыльность. Так, в ООО «АгроСервис» размер прибыли от продаж в 2023 году составил 165541 тыс. руб., в СПК «Колхоз имени Горина» – 267263 тыс. руб., а в ООО «Русагро-Инвест» – 8510512 тыс. руб. Анализируя показатель чистой прибыли, можно отметить, что она несколько снизилась в ООО «АгроСервис» и СПК «Колхоз имени Горина» относительно прибыли от продаж, составив, соответственно, 163437 тыс. руб. и 207670 тыс. руб. в отчетном году, что указывает на увеличение прочих расходов в сравнении с прочими доходами. В ООО «Русагро-Инвест» наблюдается рост чистой прибыли относительно прибыли от продаж, ее размер составил 6863544 тыс. руб. Рассмотрев основные экономические показатели предприятий, отметим, что они являются экономически устойчивыми, об этом говорит и уровень рентабельности основной деятельности. Высокий уровень, равный 77 % наблюдается в ООО «АгроСервис», ниже уровень в размере 52,66 % принадлежит ООО «Русагро-Инвест» и около 12 % рентабельности наблюдается в СПК «Колхоз имени Горина».

В основе теории и практики финансового анализа лежит метод сравнительной рейтинговой оценки. Применение данного метода предопределяет определенные этапы: сбор, обработка и анализ бухгалтерской отчетности для оценки за исследуемый период; определение и выбор набора коэффициентов и показателей для оценки финансового состояния; расчет эталонного балла для определения рейтинга; ранжирование рейтинга организаций [6].

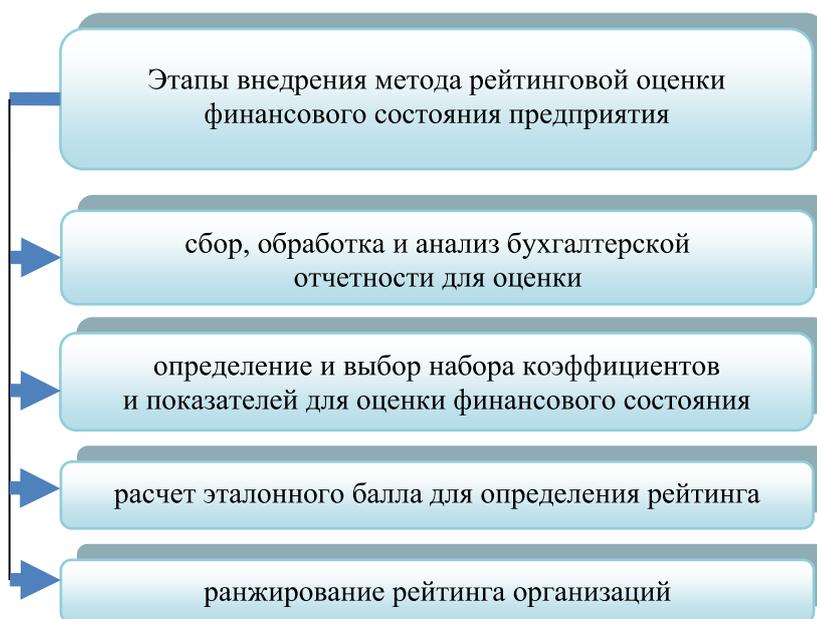


Рис. 1 – Этапы оценки финансового состояния предприятий

Примененную нами методику оценки финансового состояния структурно можно представить в виде четырех блоков (рисунок 1).

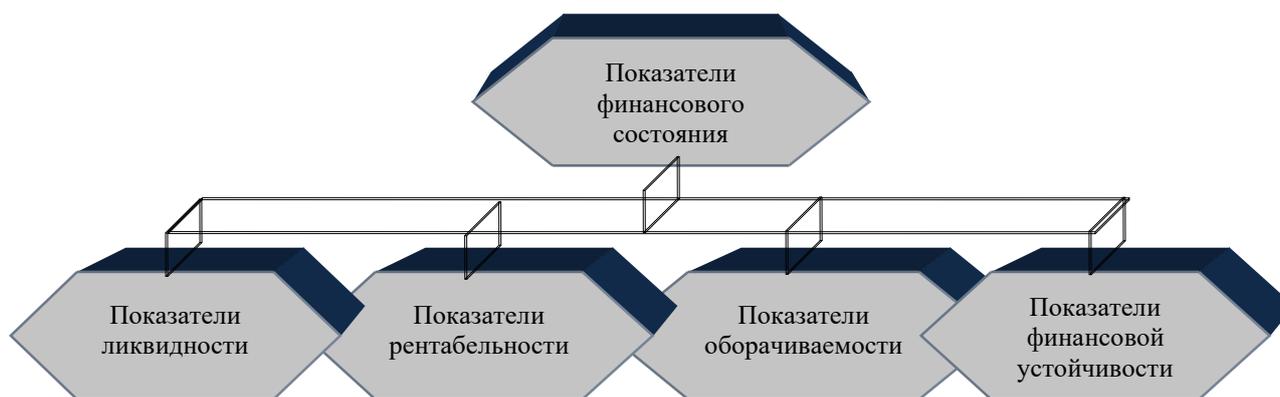


Рис. 2 – Группы показателей для рейтинговой оценки предприятий

Как уже было отмечено ранее, объектами анализа выбраны три сельскохозяйственные организации, которые расположены на территории Белгородского района: СПК «Колхоз имени Горина», ООО «Русагро-Инвест», ООО «АгроСервис».

В таблице 2 нами рассчитаны показатели, с их помощью и будет представлена рейтинговая оценка, по которой будут выявлены слабые места в их финансовом положении.

Таблица 2 – Экономические показатели для рейтинговой оценки объектов исследования в 2023 году

Показатель	СПК «Колхоз имени Горина»	ООО «Русагро-Инвест»	ООО «АгроСервис»	МАХ-ое значение
Коэффициент абсолютной ликвидности	2,880	0,0001	0,005	2,88
Коэффициент критической ликвидности	6,189	2,012	0,906	6,189
Коэффициент текущей ликвидности	12,388	3,108	2,503	12,388
Коэффициент финансовой независимости	0,886	0,672	0,627	0,886
Обеспеченность собственными оборотными средствами	0,069	0,167	0,181	0,181
Коэффициент маневренности собственного капитала	0,498	0,496	1,562	1,562
Оборачиваемость запасов, обороты	1,509	3,260	2,590	3,260
Оборачиваемость дебиторской задолженности, обороты	2,487	3,361	3,184	3,361
Оборачиваемость кредиторской задолженности, обороты	15,741	12,034	11,904	15,741
Уровень рентабельности активов, %	3,363	26,185	29,558	29,558
Уровень рентабельности собственного капитала, %	3,398	32,321	48,800	48,8
Уровень рентабельности продаж, %	10,128	30,244	38,785	38,785

Из данных таблицы можно сделать вывод, что высокие показатели ликвидности, которые наблюдаются в СПК «Колхоз имени Горина», говорят о том, что у кооператива наблюдается большая наличность денежных средств, либо же пассивное вложение этих средств: значение коэффициента абсолютной ликвидности равно 2,88, критической ликвидности – 6,189 и текущей ликвидности – 12,388. Также можно отметить, что высокая ликвидность баланса говорит о платежеспособности кооператива.

Выявим эталонные значения по исследуемым предприятиям: коэффициент финансовой автономии у СПК «Колхоз имени Горина» составил 0,886; коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами и коэффициент маневренности собственного капитала принадлежат ООО «АгроСервис». По третьей группе показателей эталонное значение наблюдается в ООО «Русагро-Инвест»: коэффициент оборачиваемости запасов составил 3,26, коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности 3,361, коэффициент оборачиваемости кредиторской задолженности – 12,034.

А по четвертой группе показателей высокие показатели отмечены в ООО «АгроСервис»: рентабельность активов – 29,558, рентабельность собственного капитала – 48,8, рентабельность продаж – 38,785. Они и послужили в качестве эталонного значения.

Для сравнительной оценки предприятий мы использовали матричный анализ. Путем стандартизации коэффициентов по каждому предприятию была составлена вспомогательная таблица в виде стандартизированной матрицы по трем предприятиям [3].

Исходные значения матрицы были стандартизированы относительно эталонного показателя [7]. Далее организации были выстроены в порядке убывания для рейтинговой оценки. В таблице 3 нами определены отклонения от эталона в разрезе предприятий. Данная методика определяется как рейтинговая оценка компаний [8]. В дальнейшем была разработана стандартизированная матрица показателей, показатели рассчитаны следующим образом: каждый столбец делится на максимальное значение данного столбца. Матрица показателей представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Стандартизированная матрица показателей

Наименование показателя	СПК «Колхоз имени Горина»	ООО «Русагро-Инвест»	ООО «АгроСервис»	Эталонное значение
Показатели ликвидности				
Коэффициент абсолютной ликвидности	1	0,000	0,002	1
Коэффициент критической ликвидности	1	0,325	0,146	1
Коэффициент текущей ликвидности	1	0,251	0,202	1
Показатели финансовой устойчивости				
Коэффициент финансовой независимости	1	0,758	0,708	1
Обеспеченность собственными оборотными средствами	0,381	0,923	1	1
Коэффициент маневренности собственного капитала	0,319	0,318	1,000	1
Показатели оборачиваемости				
Оборачиваемость запасов	0,463	1	0,794	1
Оборачиваемость дебиторской задолженности	0,740	1	0,947	1
Оборачиваемость кредиторской задолженности	1	0,765	0,756	1
Показатели рентабельности				
Уровень рентабельности активов	0,114	0,886	1	1
Уровень рентабельности собственного капитала	0,070	0,662	1	1
Уровень рентабельности продаж	0,261	0,780	1	1

Затем находятся отклонения показателей стандартизированной матрицы, результаты изложены в таблице 4.

Так, по данным таблицы отметим, что коэффициент финансовой независимости характеризует СПК как независимое от кредиторов, а коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами принадлежит ООО «АгроСервис», что подтверждает оптимальное наличие собственных средств для финансирования текущей деятельности [9].

Проанализировав показатели оборачиваемости запасов и дебиторской задолженности, можно отметить лидером ООО «Русагро-Инвест», что свидетельствует об эффективном использовании активов в организации. Доминирующий показатель рентабельности наблюдается в ООО «АгроСервис».

Далее определяется итоговое значение по четырем блокам показателей, которое и будет рейтинговым значением для каждого объекта исследования, у той компании, где наблюдается наименьшее значение, и будет являться лидером в отношении финансового благополучия. Это ООО «АгроСервис» с рейтинговым числом 3,445, тогда как у ООО «Русагро-Инвест» 4,332, СПК «Колхоз имени Горина» этот показатель равен 4,652.

Таблица 4 – Рейтинговая оценка сельскохозяйственных организаций, ед.

Наименование показателя	ООО «АгроСервис»	ООО «Русагро-Инвест»	СПК «Колхоз имени Горина»	Эталонное значение
Показатели ликвидности				
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,998	1	0	1
Коэффициент критической ликвидности	0,854	0,675	0	1
Коэффициент текущей ликвидности	0,798	0,749	0	1
Показатели ликвидности				
Коэффициент финансовой независимости	0,292	0,242	0	1
Обеспеченность собственными оборотными средствами	0	0,077	0,619	1
Коэффициент маневренности собственного капитала	0	0,682	0,681	1
Показатели ликвидности				
Оборачиваемость запасов	0,206	0	0,537	1
Оборачиваемость дебиторской задолженности	0,053	0	0,26	1
Оборачиваемость кредиторской задолженности	0,244	0,235	0	1
Показатели ликвидности				
Уровень рентабельности активов	0	0,114	0,886	1
Уровень рентабельности собственного капитала	0	0,338	0,93	1
Уровень рентабельности продаж	0	0,22	0,739	1
Рейтинговое число	3,445	4,332	4,652	1

Таким образом, рассмотренная методика устроена в следующем: чем ниже рейтинговое число, тем лучше осуществлена деятельность сельскохозяйственного предприятия. Представленная методика может быть использована в процессе оценки финансового состояния широкого круга сельскохозяйственных предприятий. Интерес данной методики может быть вызван как у внешних пользователей, так и внутренних при принятии управленческих решений. Однако данная методика рейтинговой оценки не позволяет оценить эффективность ведения деятельности конкретного предприятия по периодам, поэтому в дальнейшем целесообразно провести сравнительный анализ в динамике по исследуемым предприятиям.

Библиография

1. Базовкина Е.А., Божченко Ж.А. Анализ финансового результата деятельности предприятия // Вектор экономики. 2019. № 8(38). С. 58.

2. Базовкина Е.А., Голованева Е.А. Оценка ликвидности и платежеспособности предприятия // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2020. Т. 19. № 3. С. 88–94.
3. Герасименко О.А., Яковенко А.Н., Хвойнов Н.В. Рейтинговая оценка финансового состояния сельскохозяйственных организаций Краснодарского края // Вестник Академии знаний. 2021. № 43(2). С. 357–362.
4. Голованева Е.А., Божченко В.Ю., Божченко Ж.А. Доходность сельскохозяйственной организации как основной элемент оценки эффективности деятельности // Устойчивое и инновационное развитие в цифровую эпоху. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2021. С. 275–282.
5. Голованева Е.А., Божченко В.Ю., Мовчан В.В. Отчет о финансовых результатах как источник информации для оценки доходности экономического субъекта // Современные проблемы экономики АПК и их решение. Материалы IV Национальной конференции. Белгород. 2021. С. 152–156.
6. Голованева Е.А., Божченко Ж.А. Влияние пандемии covid-19 на деловую активность субъектов малого предпринимательства // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 3(31). С. 134–139.
7. Голованева Е.А., Божченко Ж.А. Оценка финансовых результатов как элемент системы управления финансами сельхозорганизаций // Современные проблемы экономики АПК и их решение. Материалы III Национальной конференции. 2020. С. 181–186.
8. Голованева Е.А., Божченко Ж.А., Базовкина Е.А. Матричный подход при комплексной оценке результативности сельскохозяйственных организаций // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 3(27). С. 146–157.
9. Наседкина Т.И., Черных А.И., Демешева И.А. Бухгалтерская отчетность как основа анализа финансовой устойчивости предприятия // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 1(33). С. 39–50.

References

1. Basovkina E.A., Bozhchenko J.A. Analysis of the financial result of the enterprise's activity // Vector of Economics. 2019. № 8(38). P. 58.
2. Basovkina E.A., Golovaneva E.A. Assessment of liquidity and solvency of the enterprise // Scientific notes of the Russian Academy of Entrepreneurship. 2020. Vol. 19. № 3. Pp. 88–94.
3. Gerasimenko O.A., Yakovenko A.N., Khvoynov N.V. Rating assessment of the financial condition of agricultural organizations of the Krasnodar Territory // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2021. № 43(2). Pp. 357–362.
4. Golovaneva E.A., Bozhchenko V.Yu., Bozhchenko J.A. Profitability of an agricultural organization as the main element of evaluating the effectiveness of activities // Sustainable and innovative development in the digital age. Materials of the III International Scientific and Practical Conference. 2021. Pp. 275–282.
5. Golovaneva E.A., Bozhchenko V.Yu., Movchan V.V. Report on financial results as a source of information for assessing the profitability of an economic entity // Modern problems of the economy of the agro-industrial complex and their solution. Materials of the IV National Conference. Belgorod. 2021. Pp. 152–156.
6. Golovaneva E.A., Bozhchenko J.A. The impact of the covid-19 pandemic on the business activity of small businesses // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2021. № 3(31). Pp. 134–139.
7. Golovaneva E.A., Bozhchenko J.A. Assessment of financial results as an element of the financial management system of agricultural organizations // Modern problems of the agro-industrial complex economy and their solution. Materials of the III National Conference. 2020. Pp. 181–186.
8. Golovaneva E.A., Bozhchenko Zh.A., Basovkina E.A. Matrix approach in the integrated assessment of the effectiveness of agricultural organizations // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2020. № 3(27). Pp. 146–157.
9. Nasedkina T.I., Chernykh A.I., Demesheva I.A. Accounting statements as a basis for analyzing the financial stability of an enterprise // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2022. № 1(33). Pp. 39–50.

Сведения об авторах

Ульянова Жанна Александровна, 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, e-mail: bja19810104@yandex.ru.

Голованева Елена Александровна, 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, e-mail: GEA010481@yandex.ru.

Базовкина Елена Александровна, 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, e-mail: kostrub-e@mail.ru.

Information about authors

Ulyanova Janna Aleksandrovna, candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of Economics, 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, tel.+74722 39-22-04, e-mail: bja19810104@yandex.ru.

Golovaneva Elena Aleksandrovna, candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of Economics, 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, tel.+74722 39-22-04, e-mail: GEA010481@yandex.ru.

Bazovkina Elena Aleksandrovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, 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, tel.+74722 39-22-04, e-mail: kostrub-e@mail.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) – 12 пт, для оформления названий таблиц, рисунков, диаграмм, структурных схем и других иллюстраций: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт; для примечаний и сносок: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт. Для оформления библиографии, сведений об авторах, аннотаций и ключевых слов используется кегль 10 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля сверху и снизу, справа и слева – 2 см, абзац – 1,25 см, формат – книжный. Разделять текст на колонки не следует. Если статья была или будет отпрямлена 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. Исключения 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 – редколлекгией 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,
Муравьев 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.

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 (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

Table with 5 columns and 3 rows, representing a breed standard for 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: svc.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.