



Иновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№4 (32) 2021

Инновации в АПК: проблемы и перспективы

Теоретический и научно-практический журнал

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

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

Издаётся с 2013 года

Выходит один раз в квартал

**Выпуск 4 (32)
2021 г.**

**п. Майский
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ
2021**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор - Алейник С.Н., к. тех. н., доцент

Заместители главного редактора - Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент

Члены редакционной коллегии:

Азаров В.Б., д. с.-х. н., профессор;
Андрианов Е.А., д. с.-х. н., профессор;
Аничин В.Л., д. э. н., профессор;
Афоничев Д.Н., д. тех. н., профессор;
Бабинцев В.П., д. фил. н., профессор;
Вендин С.В., д. тех. н., профессор;
Гончаренко О.В., к. э. н., доцент;
Груздова Л.Н., к. э. н., доцент;
Гурин А.Г., д. с.-х. н., профессор;
Демидова А.Г., к. с.-х. н., доцент;
Запорожцева Л.А., д. э. н., профессор;
Колесников А.С., к. тех. н., доцент;
Коломейченко А.В., д. тех. н., профессор;
Котлярова Е.Г., д. с.-х. н., профессор;
Коцарева Н.В., д. с.-х. н., доцент;
Лебедев А.Т., д. тех. н., профессор;

Ломазов В.А., д. физ.-мат. н., профессор;
Меделяева З.П., д. э. н., профессор;
Муравьев А.А., к. с.-х. н., доцент;
Мязин Н.Г., д. с.-х. н., профессор;
Наседкина Т.И., д. э. н., профессор;
Наумкин В.Н., д. с.-х. н., профессор;
Пастухов А.Г., д. тех. н., профессор;
Поливаев О.И., д. тех. н., профессор;
Растопчина Ю.Л., к. э. н., доцент;
Саенко Ю.В., д. тех. н., доцент;
Сидоренко О.В., д. э. н., доцент;
Скuryтин Н.Ф., д. тех. н., профессор;
Смуров С.И., к. с.-х. н.;
Столяров О.В., д. с.-х. н., профессор;
Ступаков А.Г., д. с.-х. н., профессор;
Токарь Е.В., д.э.н., профессор

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель - Алейник С.Н., к. тех. н., доцент (Россия)

Зам. председателя - Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент (Россия)

Члены научно-редакционного совета:

Бондаренко Л.В., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Вереновска А., PhD э. н. (Польша);
Ерохин М.Н., д. т. н., профессор, академик РАН (Россия);
Колесников А.В., д. э. н., доцент (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).

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**.

Распоряжением Минобрнауки России № 21-р от 12.02.2019 г. 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:

- 05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
- 05.20.02** – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);
- 05.20.03** – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);

- 06.01.01** – Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.04** – Агрохимия (сельскохозяйственные науки);

- 08.00.05** – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки);
- 08.00.10** – Финансы, денежное обращение и кредит (экономические науки);
- 08.00.12** – Бухгалтерский учет, статистика (экономические науки).

Дизайн-макет и компьютерная вёрстка: **Манохин А.А., Воробьёва Т.Ю.**
Журнал выходит один раз в квартал.

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

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА»

Подписано в печать 27.12.2021 г., дата выхода в свет 17.01.2022 г.

Усл. п.л. 33. Тираж 1000 экз. Заказ № 1853. 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

Founder:

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

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

Published since 2013

Issued once per quarter

**Release 4 (32)
2021**

**Maysky
FSBEI HE Belgorod SAU
2021**

EDITORIAL STAFF

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

Deputy editors - Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., as. professor

Members of Editorial Staff:

Azarov V.B., Dr. Agr. Sci., professor;
Andrianov E.A., Dr. Agr. Sci., professor;
Anichin V.L., Dr. Econ. Sci., professor;
Afonichev D.N., Dr. Tech. Sci., professor;
Babintsev V.P., Dr. Phil. Sci., professor;
Vendin S.V., Dr. Tech. Sci., professor;
Goncharenko O.V., Cand. Econ. Sci., as. prof.;
Gruzдова L.N., Cand. Econ. Sci., as. prof.;
Gurin A.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Demidova A.G., Cand. Agr. Sci., as. prof.;
Zaporozhtseva L.A., Dr. Econ. Sci., professor;
Kolesnikov A.S., Cand. Tech. Sci., as. prof.;
Kolomeichenko A.V., Dr. Tech. Sci., professor;
Kotliarova E.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Kotsareva N.V., Dr. Agr. Sci., as. prof.;
Lebedev A.T., Dr. Tech. Sci., professor;

Lomazov V.A., Dr. Phys.-math. Sci., prof.;
Medeliyeva Z.P., Dr. Econ. Sci., professor;
Muravyov A. A., Cand. Agri. Sci., as. prof.;
Myazin N.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Nasedkina T.I., Dr. Econ. Sci., professor;
Naumkin V.N., Dr. Agr. Sci., professor;
Pastukhov A.G., Dr. Tech. Sci., professor;
Polivaev O.I., Dr. Tech. Sci., professor;
Rastopchina Y.L., Cand. Econ. Sci., as. prof.;
Saenko Yu.V., Dr. Tech. Sci., professor;
Sidorenko O.V., Dr. Econ. Sci., as. prof.;
Skuriatin N.F., Dr. Tech. Sci., professor;
Smurov S.I., Cand. Agr. Sci.; as. prof.;
Siolyarov O.V., Dr. Agr. Sci., professor;
Stupakov A.G., Dr. Agr. Sci., professor;
Tokar E.V., Dr. Econ. Sci., professor

EDITORIAL BOARD

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

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

Members of Editorial Board:

Bondarenko L.V., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);
Werenowska A., PhD in economics (Poland);
Erokhin M.N., Dr. Tech. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);
Kolesnikov A.V., Dr. Econ. Sci., associate professor (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).

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.

By order of the Ministry of Education and Science of Russia № 21-p dated February 12, 2019, the list of leading reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the doctoral degrees of doctor and candidate of science should be published includes the following scientific specialties presented in the journal:

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences);

05.20.02 - Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (technical sciences);

05.20.03 - Technologies and means of technical maintenance in agriculture (technical sciences);

01.06.01 - General agriculture, crop production (agricultural sciences);

01.06.04 - Agrochemistry (agricultural sciences),

08.00.05 - Economics and management of the national economy (by branches and fields of activity) (economic sciences);

08.00.10 - Finance, money circulation and credit (economic sciences);

08.00.12 - Accounting, Statistics (Economic Sciences).

Design layout and computer-aided makeup: **Manokhin A.A., Vorobyeva T.Y.**
Journal issued once per quarter.

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

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

Signed for publication 27.12.2021, date of publication 17.01.2022.

Conventional printed sheet 33. Circulation 1000 copies. Order №1853. 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: <http://www.polyterra.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

<i>А.А. Добрицкий, С.Ф. Вольвак</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СУШИЛКИ ВЫСОКОВЛАЖНЫХ СЕМЯН БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР.....	9
<i>С.В. Зверев, Н.В. Алдошин, А.С. Васильев, Е.В. Глухова</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВ ИЗ ЯГОДНОГО СЫРЬЯ.....	26
<i>А.В. Морозов, А.Н. Еремеев, Д.Р. Мушаратов</i> ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЗАКАЛКА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШЛИЦЕВ МУФТЫ ФЛАНЦА ПРИВОДА ВОМ 150.41.275-1.....	36
<i>А.Г. Пастухов</i> ОЦЕНКА ПРИМЕНЯЕМОСТИ КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ В МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ, ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН.....	44
<i>Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, О.О. Базринцев</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СКОРОСТНЫХ ПЛУГОВ МОДЕЛИ ПСКУ.....	52
<i>А.Г. Пастухов, Д.Н. Бахарев</i> МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА КОМПЛЕКТА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ОБМОЛОТА ПОЧАТКОВ СЕМЕННОЙ КУКУРУЗЫ.....	61
<i>В.И. Борозенцев</i> К РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА ДОЕНИЯ КОРОВ.....	73
<i>К.В. Казаков, А.С. Колесников, А.Г. Минасян</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ШНЕКОВОМ ПРЕССЕ.....	81
<i>А.В. Мачкарин, А.В. Рыжков</i> ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗДАТЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ.....	96
<i>А.С. Брусенцов, В.А. Дробот, А.Ю. Николенко</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАМЫ ПРОПАШНОГО КУЛЬТИВАТОРА В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ.....	109

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

<i>А.И. Бохан, В.Е. Юдаева, В.Л. Налобова, Н.В. Коцарева</i> ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СВЁКЛЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОРНЕЕДУ И ВИРУСНЫМ БОЛЕЗНЯМ.....	121
<i>А.И. Дутов, Л.А. Пузанова</i> ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА К РАДИОНУКЛИДНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ АГРОЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС).....	129
<i>В.И. Желтухина, Т.С. Морозова, С.И. Панин, А.А. Мелентьев, М.А. Куликова</i> ПОВЕДЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ АГРОЦЕНОЗОВ.....	136
<i>Н.И. Кластер, В.Б. Азаров</i> ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ЦЧЗ.....	141
<i>Е.В. Ковалёва, И.Ю. Вагулин, Н.А. Лопачёв, О.С. Кузьмина, В.И. Степанова</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ ПО ПРОФИЛЮ ПАХОТНЫХ ПОЧВ И ПЕДОТУРБАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ЛУГОВО-СТЕПНЫХ УЧАСТКАХ МЕТОДОМ АГРОХРОНОРЯДОВ.....	149
<i>Л.В. Левшаков, М.А. Пятаков</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК ВОДОРАСТВОРИМЫМИ УДОБРЕНИЯМИ И СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТА В АГРОПЕДОЦЕНОЗАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ.....	160
<i>С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, В.Б. Азаров, А.И. Бохан, А.С. Бережная</i> МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....	171
<i>Т.В. Олива, Л.А. Манохина, Е.Ю. Колесниченко, С.И. Панин</i> ВЛИЯНИЕ ХИТОЗАНА И ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ НА РОСТ САЛАТА СОРТА ШОКОЛАДНЫЙ ЛИСТ.....	181
<i>Н.А. Сидельникова</i> НОРМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПОДСОЛНЕЧНИКА ПРИ ХРАНЕНИИ.....	191
<i>А.В. Ситников, С.М. Кириллова, Л.Г. Шарова, В.Г. Михайлов</i> ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СПОСОБА ОБРАБОТКИ НА ТОМАТЫ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА.....	197
<i>С.И. Смуров, С.Н. Зюба, О.В. Григоров, Д.А. Михайлов</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ТРАДИЦИОННОГО К ОРГАНИЧЕСКОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ.....	202
<i>А.Г. Ступаков, Д.О. Морозов, М.А. Куликова, В.В. Букреев, В.И. Желтухина, Ю.Е. Щедрина, Т.А.Х. Алаши</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ БАКТЕРИАЛЬНЫХ И ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДА ЦЧР.....	212

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

<i>А.Ф. Дорофеев, Н.М. Хайбулаева</i> СОСТОЯНИЕ ЗЕРНОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА.....	221
<i>А.В. Курьянов</i> РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ САДОВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ САДОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА).....	228
<i>З.Ч. Пак, Н.И. Човган</i> СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕКТОРА РАСТЕНИЕВОДСТВА.....	236
<i>Н.И. Сутягина</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ КОММУНАЛЬНОГО КОМФОРТА СЕЛЬСКОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	244
<i>А.И. Добрунова, А.Н. Простенко, О.С. Акупиан, Р.В. Капинос, Д.Р. Добрунов</i> МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ.....	250
Руководство для авторов	258

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY

<i>A.A. Dobrickiy, S.F. Volvak</i> EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DRYER OF HIGH-MOISTURE SEEDS OF MELON CROPS.....	9
<i>S.V. Zverev, N.V. Aldoshin, A.S. Vasiliev, E.V. Glukhova</i> PRODUCTION TECHNOLOGY OF POWDERS FROM BERRY RAW MATERIALS.....	26
<i>A.V. Morozov, A.N. Ereemeev, D.R. Musharapov</i> ELECTROMECHANICAL HARDENING OF THE WORKING SURFACES OF FLANGE COUPLING SPLINES OF 150.41.275-1 PTO SHAFT DRIVE.....	36
<i>A.G. Pastukhov</i> EVALUATION OF APPLICABILITY OF DRIVE SHAFTS IN MECHANICAL TRANSMISSIONS OF POWER, TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES.....	44
<i>N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko, O.O. Bagrintsev</i> INVESTIGATION OF WEAR STATE OF WORKING ELEMENTS OF HIGH-SPEED PLOUGHS OF THE MODEL PSKu.....	52
<i>A.G. Pastukhov, D.N. Baharev</i> PROCEDURE FOR ENGINEERING CALCULATION OF A SET OF TECHNICAL TOOLS FOR STEP-BY-STEP THRESHING OF COBS SEED CORN.....	61
<i>V.I. Borozentsev</i> TO DEVELOP A MANIPULATOR CONTROL ALGORITHM MILKING COWS.....	73
<i>K.V. Kazakov, A.S. Kolesnikov, A.G. Minasyan</i> EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WORKING PROCESS OF PRESSING THE BEET PULP IN THE SCREW PRESS.....	81
<i>A.V. Machkarin, A.V. Ryzhkov</i> OPTIMIZATION OF DESIGN-MODE PARAMETERS DISTRIBUTOR-MIXER OF FEEDS.....	96
<i>A.S. Brusentsov, V.A. Drobot, A.Yu. Nikolenko</i> INVESTIGATION OF THE STRESS STATE OF THE ROW-CROP CULTIVATOR FRAME DURING OPERATION.....	109

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY

<i>A.I. Bokhan, V.E. Yudaeva, V.L. Nalobova, N.V. Kotsareva</i> EVALUATION OF BEET SAMPLES FOR RESISTANCE TO DISEASES AND VIRUSES.....	121
<i>A.I. Dutov, L.A. Puzanova</i> FORMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION RESISTANCE TO RADIONUCLIDES CONTAMINATION OF AGROECOSYSTEMS (BY THE EXAMPLE OF THE CHERNOBYL NPP ACCIDENT).....	129
<i>V.I. Zheltukhina, T.S. Morozova, S.I. Panin, A.A. Melentyev, M.A. Kulikova</i> BEHAVIOR OF HEAVY METALS IN THE SOIL-BIOTIC COMPLEX OF AGROCENOSSES.....	136
<i>N.I. Kloster, V.B. Azarov</i> INCREASING THE PRODUCTIVITY OF GRAIN CROPS WITH THE USE OF ORGANIC FERTILIZERS IN BIOLOGICAL AGRICULTURE OF THE CENTRAL AGRICULTURAL DISTRICT.....	141
<i>E.V. Kovalyova, I.Yu. Vagurin, N.A. Lopachev, O.S. Kuzmina, V.I. Stepanova</i> DISTRIBUTION OF SILT FRACTION ACCORDING TO PROFILE OF ARABLE SOILS AND PEDOTURBATION ACTIVITY OF SOIL MAMMALS IN MEADOW-STEPPE AREAS BY METHOD OF AGROCHRONORROWS.....	149
<i>L.V. Levshakov, M.A. Pyatakov</i> THE EFFECTIVENESS OF FOLIAR FOLIAR FERTILIZING WITH WATER-SOLUBLE FERTILIZERS AND GROWTH STIMULANTS IN AGROPEDOCENOSSES OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION.....	160
<i>S.A. Linkov, L.N. Kuznetsova, V.B. Azarov, A.I. Bohan, A.S. Berezhnaya</i> MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL IN VARIOUS FARMING SYSTEMS.....	171
<i>T.V. Oliva, L.A. Manokhina, E.Yu. Kolesnichenko, S.I. Panin</i> CHITOSAN AND HUMIC FERTILIZER EFFECT ON GROWTH OF LEAF LETTUCE NAMED SHOKOLADNYI LEAF.....	181
<i>N.A. Sidelnikova</i> NORMS OF NATURAL LOSS AND SUNFLOWER QUALITY INDICATORS DURING STORAGE.....	191
<i>A.V. Sitnikov, S.M. Kirillova, L.G. Sharova, V.G. Mikhaylov</i> EFFECT OF ULTRASONIC METHOD OF PROCESSING ON TOMATOES UNDER CONDITIONS OF PROTECTED SOIL.....	197
<i>S.I. Smurov, S.N. Zyuba, O.V. Grigorov, D.A. Mikhailov</i> CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF TYPICAL CHERNOZEM AND CROP PRODUCTIVITY DURING THE TRANSITION FROM TRADITIONAL TO ORGANIC AGRICULTURE.....	202
<i>A.G. Stupakov, D.O. Morozov, M.A. Kulikova, V.V. Bukreev, V.I. Zheltukhina, Y.E. Shchedrina, T.A.H. Alashei</i> COMPARATIVE EVALUATION OF THE BIOLOGIZED SYSTEM OF PROTECTION OF WINTER WHEAT PLANTS FROM BACTERIAL AND FUNGAL DISEASES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-WEST OF THE CENTRAL ASIAN REPUBLIC.....	212

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

<i>A.F. Dorofeev, N.M. Khaybulaeva</i> THE CONDITION OF REPUBLIC OF DAGESTAN'S CEREAL SUB-SECTOR AND THE WAYS OF IMPROVEMENT OF GRAIN PRODUCTION EFFICIENCY.....	221
<i>A.V. Kuryanov</i> RESERVES FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF HORTICULTURE PRODUCTION (ON THE EXAMPLE OF HORTICULTURAL ENTERPRISES OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION).....	228
<i>Z.Ch. Pak, N.I. Chovgan</i> MODERN INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF THE DOMESTIC CROP SECTOR.....	236
<i>N.I. Sutyagina</i> METHODOLOGY FOR ASSESSING THE LEVEL OF COMMUNAL COMFORT OF RURAL TERRITORY.....	244
<i>A.I. Dobrunova, A.N. Prostenko, O.S. Akupiyana, R.V. Kapinos, D.R. Dobrunov</i> INTEGRATED ASSESSMENT METHODOLOGY LIFE SUPPORT OF THE POPULATION IN RURAL AREAS.....	250
Guidelines for authors.....	258

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 631.365.001.6:635.61:65.011

А.А. Добрицкий, С.Ф. Вольвак

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СУШИЛКИ ВЫСОКОВЛАЖНЫХ СЕМЯН БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Современное сушильное оборудование непрерывного действия не позволяет за один проход сушильной камеры получить из свежесобранных семян бахчевых культур семенной материал кондиционной влажности. Для решения данной проблемы была спроектирована сушилка высоковлажных семян бахчевых культур, в которой реализован принцип дифференцированного подвода тепла к принудительно перемешиваемому материалу. Конструкция камеры сушилки предусматривает поступление теплоносителя в зону предварительно просушенных семян, выдерживающих более высокую температуру, а затем при меньшей температуре в зону с семенами высокой влажности, что предотвращает их растрескивание увеличивая сроки хранения. Экспериментально исследованы конструктивно-технологические параметры и режимы работы опытной сушилки. Исследования проводились посредством серии однофакторных экспериментов в три этапа: определение производительности устройства подачи семян в камеру сушки, изучение транспортной способности ворошилок сушилки, подбор рационального угла наклона газораспределительного решета выгрузного устройства. С целью определения рациональных конструктивно-технологических параметров предлагаемой сушилки, обеспечивающих минимальную энергоёмкость процесса сушки при требуемом качестве семян, а также получения математических моделей технологического процесса сушки семян тыквы, был проведен многофакторный эксперимент и решена компромиссная задача, на основании которых были получены рациональные значения изучаемых факторов: частота вращения ворошилок – 4,2 мин⁻¹; подача семян в сушильную камеру – 24 кг/ч; температура сушильного агента – 50,6°C; скорость сушильного агента 5 м/с; угол наклона газораспределительного решета выгрузного устройства 14°. Удельная энергоёмкость процесса сушки семян тыквы при этом составила 1,27 кВт·ч/кг с производительностью сушилки 18 кг/ч.

Ключевые слова: сушка, бахчевые, высоковлажные семена, дифференцированный подвод тепла, сушилка, энергоёмкость, теплоёмкость, затраты теплоты.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE DRYER OF HIGH-MOISTURE SEEDS OF MELON CROPS

Abstract. Modern continuous drying equipment does not allow in one pass of the drying chamber to obtain seed grain of conditioned moisture from freshly released seeds of melon crops. To solve this problem, a high moisture melon crops seed dryer was designed, in which the principle of differential heat supply to forced mixed material was implemented. The design of the drying chamber provides for the supply of heat carrier to the zone of pre-dried seeds, which withstand a higher temperature, and then at a lower temperature to the zone with high moisture seeds, that prevents them from cracking. Design and technological parameters and operating modes of the experimental dryer were experimentally investigated. Studies were carried out by means of a series of one-factor experiments in three stages: determining the productivity of the device for supplying seeds to the drying chamber, studying the transport ability of dryer elastic agitators, choosing a rational angle of inclination of the gas distribution screen of the unloading device. To determine the rational design and technological parameters of the proposed dryer, ensuring the minimum energy consumption of the drying process with the required seed quality, as well as obtaining mathematical models of the technological process of drying pumpkin seeds, a multifactorial experiment was conducted, and a compromise problem was solved, on the basis of which the rational values of the studied factors were obtained: the rotation speed of the trowels – 4.2 min⁻¹; seed supply to drying chamber – 24 kg·h⁻¹; the temperature of the drying agent – 50.6°C; drying agent speed 5 m·s⁻¹; angle of inclination of gas distribution screen of unloading device 14°. The specific energy intensity of the pumpkin seed drying process was 1.27 kWh·kg⁻¹ with dryer productivity 18 kg·h⁻¹.

Keywords: drying, melons, seeds with high moisture content, differentiated heat supply, dryer, energy intensity, heat capacity, heat costs.

Введение. Плоды бахчевых культур являются диетическим продуктом питания для людей любого возраста и употребляются как в свежем, так и переработанном виде. Бахчевые являются ценным источником ряда витаминов и микроэлементов, поэтому широко используются в фармацевтической и парфюмерной промышленности [1-3]. Обеспечение сельхозпроизводителей достаточным количеством семян с высокими сортовыми и посевными качествами является актуальной задачей.

Среди операций послеуборочной обработки бахчевых культур наиболее сложной и ответственной является сушка семян, так как она определяет качество и сроки хранения посевного материала. К основным особенностям технологического процесса сушки высоковлажных семян бахчевых культур (ВСБК) относится [4-6]:

- высокая стартовая влажность, затрудняющая прохождение потока теплоносителя через слой семян;
- в процессе сушки слой семян покрывается коркой и ухудшает тепломассообмен;
- требуется предварительное обезвоживание семян перед сушкой;
- перегрев семян приводит к недопустимому растрескиванию оболочки.

Из анализа существующих способов сушки, устройств сушилок и сушильного оборудования для ВСБК и результатов существующих научных исследований [4-8], установлено, что недостаточно изучено влияние конструктивных особенностей сушильных камер сушилок с принудительным перемешиванием семенного материала в процессе сушки, на производительность, затраты энергии и качество высушенных семян. Это снижает уровень технического совершенства сушилок и эффективность технологического процесса сушки ВСБК. Кроме того, выявлено, что имеющиеся режимы работы сушилок периодического и непрерывного действия не обеспечивают требуемого качества сушки и являются недопустимо энергоемкими и материалоемкими. Для решения данной проблемы спроектирована сушилка ВСБК, в которой реализован принцип дифференцированного подвода тепла к принудительно перемешиваемому материалу [9-10]. Конструкция камеры сушки предлагаемой сушилки предусматривает поступление теплоносителя в зону предварительно просушенных семян, выдерживающих более высокую температуру, а затем при меньшей температуре в зону с семенами высокой влажности, что предотвращает их растрескивание. Общий вид экспериментальной сушилки показан на рисунке 1.

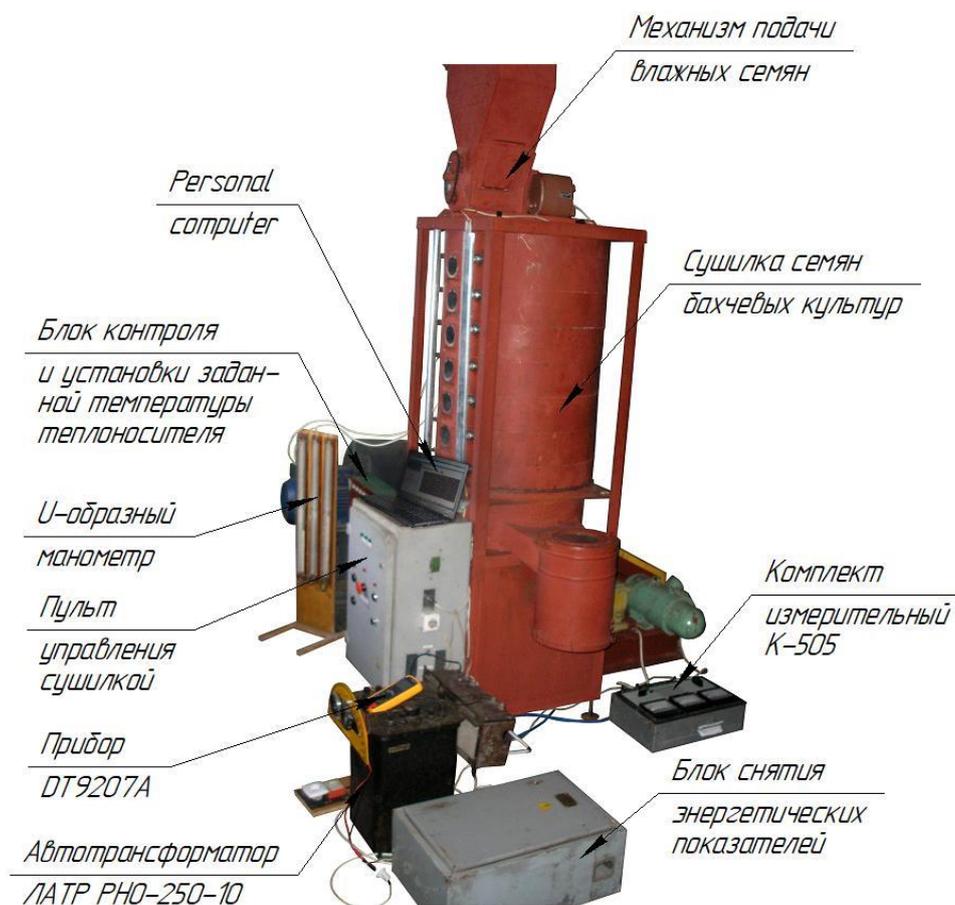


Рис. 1 – Общий вид экспериментальной сушилки

На эффективность работы предлагаемой сушилки ВСБК при конвективной сушке в разной степени влияют большое количество факторов [11-13], которые можно разделить на следующие группы:

- характеристики семян: гигроскопические, физико-механические, аэродинамические свойства семян, качество отмывки семян;
- характеристики агента сушки: скорость, температура, энтальпия, влагосодержание;
- характеристики конструктивных особенностей сушильной камеры и сушилки в целом: подача семян в сушильную камеру, угол наклона газораспределительного решета выгрузного устройства, частота вращения ворошилок внутри камеры сушки, количество секций сушилки, диаметр перфорации газораспределительных решет, размеры сушильной камеры, и др.

Предлагаемая сушилка ВСБК с дифференцированным подводом тепла к принудительно перемешиваемому материалу является инновационным устройством, лабораторные экспериментальные исследования которого проводились с целью установления закономерностей влияния подачи семян в камеру сушки, угла наклона газораспределительного решета выгрузного устройства, частоты вращения ворошилок внутри камеры сушки, температурных режимов сушки на производительность сушилки и энергоёмкость процесса.

Экспериментальная установка, схема которой представлена на рисунке 2, является многокомпонентной системой включающая в себя такие основные узлы и подсистемы [9-10]: бункер с механизмом подачи влажных семян в камеру сушки, разделенную по высоте на секции камеру сушки с газораспределительными решетками, теплогенератор, механизм привода ворошилок и решет внутри секций камеры сушки, устройство выгрузки и накопитель семенного материала.

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

Для экспериментальных исследований использовался широко распространенный сорт семян тыквы «Волжская серая». Исследования проводились в осенний период при средней температуре воздуха 15°C и относительной влажности $\varphi = 75\%$. При проведении эксперимента учитывались механико-технологические и аэродинамические свойства семян тыквы сорта «Волжская серая», полученные по известной методике экспериментально [14]. Степень удаления наружной пленки семян, т.е. качество отмывки семян, влияет на температурные режимы и интенсивность самой сушки. Поэтому семена тыквы после выделения отмывались вручную в проточной воде. После отмывки семена предварительно обезвоживались на решетках и настилах для удаления свободной влаги. При этом влажность семян доводили до 33%.

Анализ существующей научной информации и однофакторные экспериментальные исследования показали, что температура сушильного агента должна находиться в пределах от 38 до 50°C [15-16]. Проведенные теоретические исследования, а также однофакторные поисковые эксперименты показали, что скорость сушильного агента в нижней секции сушильной камеры должна составлять 5 м/с. Такая скорость агента сушки не превышает скорости витания семян при открытии разгрузочно-загрузочного окна нижней секции камеры сушки.

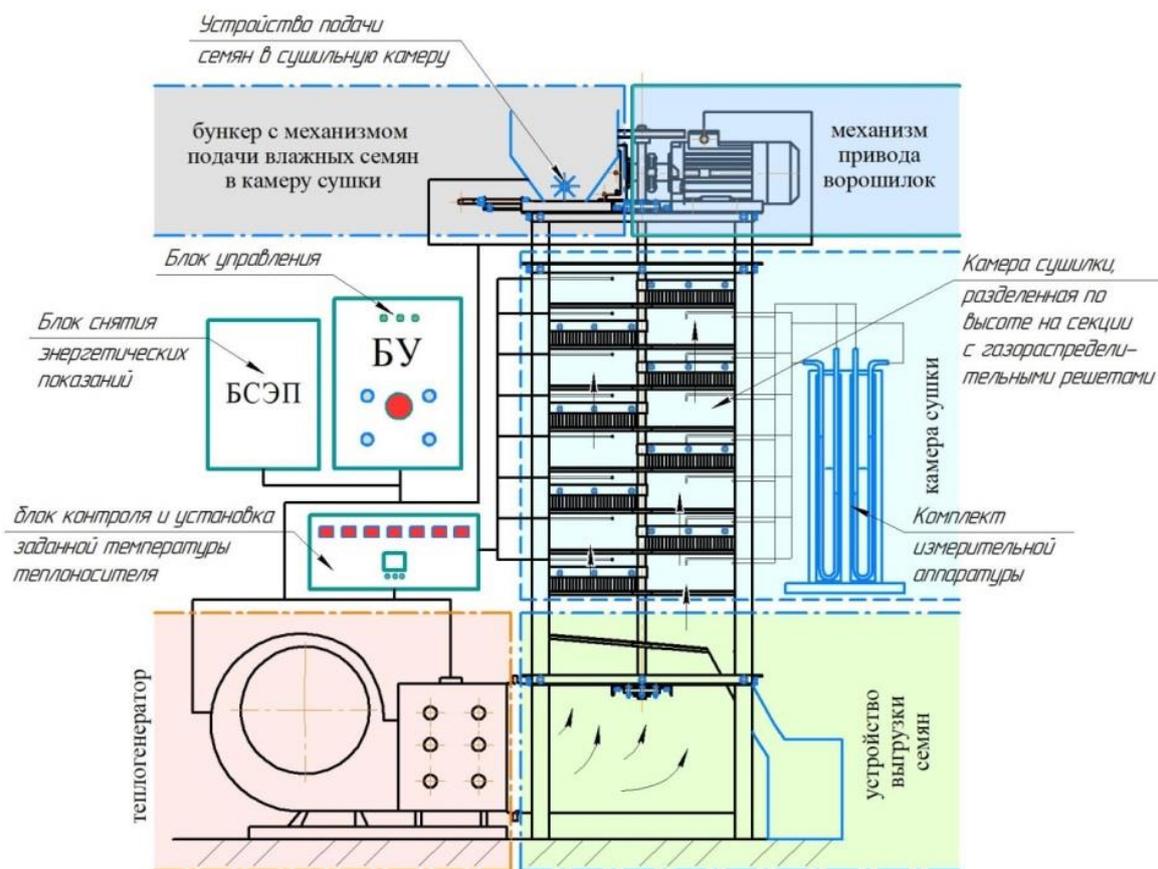


Рис. 2 – Функциональная схема экспериментальной установки

Производительность сушки напрямую зависит от частоты вращения ворошилок внутри секций, подачи семенного материала в камеру сушки и угла наклона газораспределительного решета выгрузного устройства.

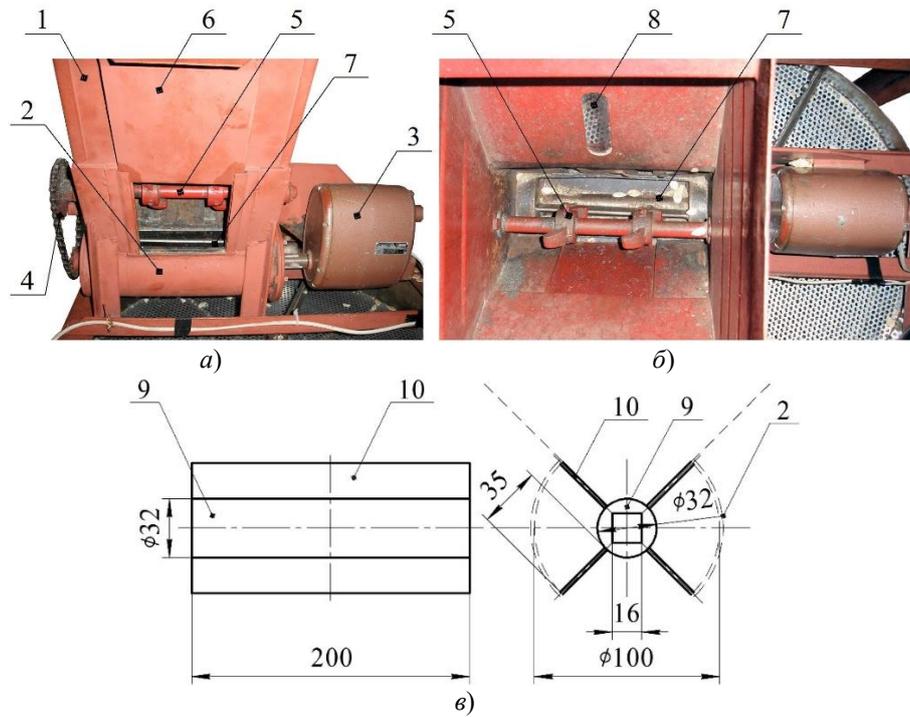
Исследования проводились на изготовленной экспериментальной установке (рисунок 1), позволяющей при минимальных затратах труда и времени изменять режимы работы сушки: скорость и температуру сушильного агента, подачу семян в сушильную камеру, частоту вращения ворошилок и угол наклона газораспределительного решета.

Для проведения экспериментов использовались следующие приборы и оборудование: весы ВЛКТ-500 (предельная погрешность ± 20 мг) и весы ВЕ-15ТЕ.2 (погрешность 40 г); секундомер; часовой тахометр Т410-Р (допустимая погрешность при измерении: частоты вращения $\pm 1\%$; линейных скоростей $\pm 2\%$); влагомер «Wille-55»; U-образный манометр; измерительный комплект К-505 (основная погрешность приборов комплекта в области частот от 40 до 65 Гц при измерении токов до 10 А, напряжения от 75 до 600 В и мощности, соответствующей указанным величинам токов и напряжений, не превышает $\pm 0,5\%$ от конечного значения рабочей части шкалы); трехфазный электросчетчик СА4У-И682 и три трансформатора тока Т-0,66 УЗ 100/5 А; электродвигатель постоянного тока ПСТ-53МУ (номинальная мощность 0,63 кВт) и переменного ПР-1М (0,5 кВт); редуктор Чс-80-12,5-32-32-1-1-У1; автотрансформатор ЛАТР РНО-250-10; прибор ДТ 9207А; контролер температуры «Split»; датчики температуры; теплокалорифер СФО-25/3-ИЗ; центробежный радиальный вентилятор ВЦ 14-46 №4.

Экспериментальные исследования проводились посредством однофакторных и многофакторных экспериментов в четыре этапа.

Этап 1. Определение производительности устройства подачи семян в камеру сушки.

Дозатор устройства подачи семян в камеру сушки состоит из стального корпуса, внутри которого расположен вал барабана, на котором по всей его длине закреплены лопасти, разделяя и образуя четыре одинаковые секции (желобы) (рисунок 3).



a – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – основные размеры лопастного барабана;
 1 – бункер; 2 – корпус барабана; 3 – электродвигатель; 4 – привод ворошилки бункера;
 5 – ворошилка семян; 6 – заслонка; 7 – лопастной барабан; 8 – смотровое окно

Рис. 3 – Устройство подачи семян в сушильную камеру

Производительность дозатора определялась по известной формуле [14]:

$$Q_{\text{б}} = 60 \cdot F_{\text{жс}} \cdot n \cdot z \cdot l \cdot \gamma \cdot \varphi, \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где $F_{\text{жс}}$ – площадь поперечного сечения одного желобка, м^2 ; n – частота вращения барабана, мин^{-1} ; l – длина рабочей части желобка, м ; z – число желобков; γ – объемная масса материала, кг/м^3 ; φ – коэффициент заполнения, $\varphi = 0,8 \dots 0,9$.

При исследовании производительности устройства подачи семян в камеру сушки поочередно устанавливались четыре общих объема рабочих желобов лопастного дозатора: $1,4 \cdot 10^{-3}$, $1,2 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-3}$ и $0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Исследования проводились при кондиционной 9,5% и некондиционной 33% влажности семян. Продолжительность каждого опыта – одна минута. Замер производился при установившемся режиме лопастного дозатора. Принята пятикратная повторность каждого опыта, что обеспечивало относительную ошибку среднего значения в опыте в пределах 5%.

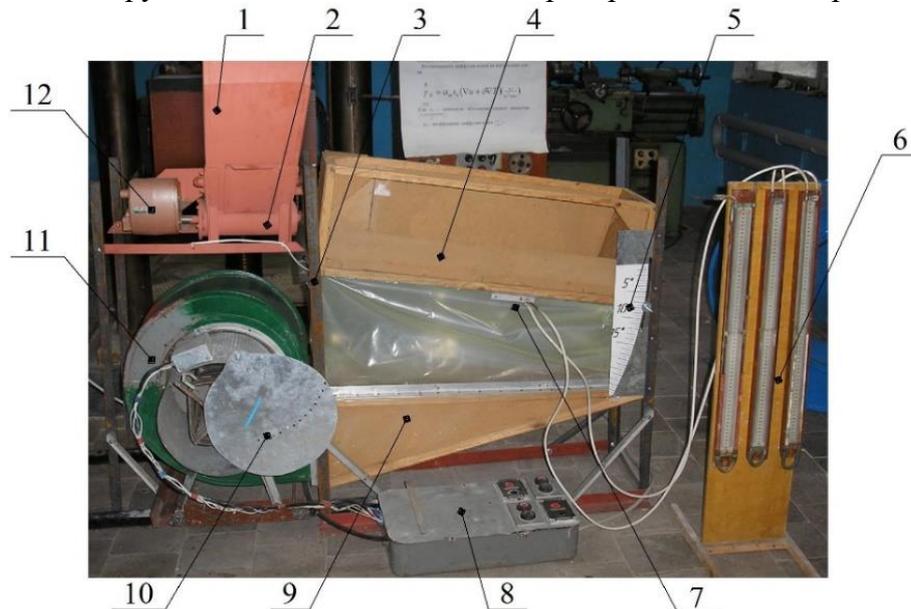
Для определения фактической производительности устройства подачи семян по четырем условно полученным рабочим частям желобов дозатора был поставлен следующий опыт. Семена тыквы сорта «Волжская серая» загружались в накопительный бункер загрузочного устройства, затем включая привод дозатора осуществляли подачу семян в течение одной минуты в накопительную тару. После окончания опыта путем взвешивания определялась масса материала, попавшего в накопительную тару. Взвешивание проводилось на электронных весах ВЛКТ-500, а время продолжительности опыта замеряли секундомером. Опыты проводились в пятикратной повторности для 33% и 10% кондиционной влажности семян. Данные по каждой производительности устройства подачи заносились в таблицу и использовались в дальнейших исследованиях.

Этап 2. Выбор рационального угла наклона газораспределительного решета выгрузного устройства.

Высушенный материал в предлагаемой сушилке выгружается из сушильной камеры по газораспределительному решету расположенному под углом к горизонту, кроме того, процессу выгрузки способствует воздушный поток, создаваемый вентилятором, поэтому бы-

ла поставлена задача – определить рациональный угол наклона газораспределительного решета выгрузного устройства, при котором будет происходить свободная непрерывная разгрузка семенного материала.

Для определения рационального угла наклона выгрузного устройства в последней секции сушилки была разработана экспериментальная установка (рисунок 4), имитирующая реальный процесс выгрузки семян с наклонного газораспределительного решета.



1 – загрузочный бункер; 2 – дозатор семян;
3 – рама; 4 – наклонная камера сушки; 5 – механизм изменения угла наклона камеры сушки;
6 – U-образный манометр; 7 – приемники давления; 8 – пульт управления; 9 – корпус воздуховода; 10 – заслонка всасывающего окна вентилятора; 11 – вентилятор; 12 – привод дозатора

Рис. 4 – Экспериментальная установка для определения угла наклона выгрузного устройства сушилки

Установка состоит из рамы, воздухопроводов, наклонного газораспределительного решета (камеры сушки), закрепленного с одной стороны шарнирно, а с другой стороны к механизму изменения угла наклона, загрузочного устройства семян и центробежного вентилятора.

На данной установке проводился следующий эксперимент. Кондиционные по влажности семена (9,5% влажности) засыпались в загрузочный бункер, где дозатором семян подавалось точное количество семян при установленной максимальной производительности дозатора на наклонное газораспределительное решето, регулируемое механизмом для изменения его угла наклона. Подача семян в камеру сушки осуществлялась в течение минуты. Семена под действием наклона решета и потока воздуха выгружались из камеры сушки в накопительную тару, а затем взвешивались на весах ВЛКТ-500. Если вес семян в накопительной таре соответствовал весу семян при загрузке в сушильную камеру, то угол наклона решета считался рациональным. При проведении эксперимента угол наклона газораспределительного решета составлял 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 градусов. Скорость воздушного потока составляла 5 м/с, которая выбрана исходя из проведенного эксперимента, выполненного ранее на парусном классификаторе «Petkus» К-293, и контролировалась U-образным жидкостным манометром. Опыт проводился в пятикратной повторности.

Подача семян в сушильную камеру составляла 24 кг/ч, что соответствовала максимальной производительности лопастного дозатора при 33% влажности семян. Объем желобов лопастного дозатора составлял $1,4 \cdot 10^{-3}$ м³. Продолжительность опыта 60 секунд. Угол наклона газораспределительного решета изменялся в пределах от 6 до 18 градусов. Скорость воздушного потока, фиксировалась и составляла 5 м/с. Была принята трехкратная повторность опыта, что обеспечило относительную ошибку среднего значения в опыте в пределах 5%.

Этап 3. Изучение транспортной способности ворошилок сушилки.

Производительность сушилки предложенной конструкции зависит от частоты вращения ворошилок внутри секций камеры сушки [11]. Ворошилки обеспечивают перемешивания и перемещения семенного материала по секциям сушилки. В связи с этим важно знать рациональную частоту вращения ворошилок при которой семена непрерывно перемещаясь получают требуемую кондиционную влажность 10%.

При проведении исследований транспортной способности ворошилок для каждой производительности устройства подачи семян в камеру сушки 24, 22, 20 и 18 кг/ч поочередно устанавливалась частота вращения ворошилок в интервале от 2,5 до 10 мин⁻¹. При этом исходная влажность семян составляла 33%, угол наклона газораспределительного решета выгрузного устройства 14 градусов, скорость сушильного агента 5 м/с. Продолжительность эксперимента составляла 60 мин, которая была выбрана на основании теоретических предположений и поисковых экспериментов. При проведении эксперимента была принята трехкратная повторность опыта, что обеспечивало относительную ошибку среднего значения в пределах 5%.

Этап 4. Определение рациональных конструктивно-технологических параметров предлагаемой сушилки методом планирования многофакторного эксперимента.

Многофакторный эксперимент проводился с целью получения математических моделей технологического процесса сушки семян тыквы, а также определения рациональных конструктивно-технологических параметров сушилки с дифференцированным подводом тепла к принудительно перемешиваемому материалу, обеспечивающих минимальную энергоёмкость процесса сушки при требуемом качестве семян. Необходимость в проведении многофакторного эксперимента появилась в связи с тем, что его методика предусматривает экономию времени и средств [17-19].

Методом планирования многофакторного эксперимента определены факторы, которые наиболее существенно влияют на эффективность технологического процесса сушки семян тыквы: подача семян в сушильную камеру q , частота вращения ворошилок $n_{вор}$ и температура сушильного агента T_{ca} , а также основной и вспомогательный (ограничивающий) критерий оптимизации. Другие факторы были определены ранее [15] и зафиксированы на определенном оптимальном уровне и в процессе опытов не изменялись.

В качестве основного критерия оптимизации, выбрана удельная энергоёмкость процесса сушки семян бахчевых культур (E), которая определялась по формуле:

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

где ΣN – сумма всех расходов энергии необходимой для сушки семян, кВт; Q – производительность сушилки, кг/ч.

В качестве вспомогательного критерия оптимизации была принята влажность семян на выходе из сушильной камеры W . При планировании многофакторного эксперимента с целью упрощения расчетов проводилась кодирование факторов, которые представлены в таблице 1.

Для получения достоверных результатов эксперимента определялась повторность опытов. Согласно рекомендациям [18-19] при средней доверительной вероятности $p=0,95$ и предельной ошибке $\varepsilon=\pm 3\sigma$ выбрана трехкратная повторность опытов.

Порядок проведения опытов (рандомизация опытов) определялась по таблице случайных чисел и отображались в матрице планирования эксперимента.

Для получения математических моделей технологического процесса сушки семян тыквы сорта «Волжская серая» был реализован почти ротатабельный трёхуровневый план Бокса-Бенкина для трех факторов [18-19], который по сравнению с другими планами: ортогональными и ротатабельными требует наименьшего количества опытов (15) и обладает равными с ними свойствами. Главным отличием почти ротатабельного трёхуровневого плана Бокса-Бенкина является то, что во всех строках плана некоторые факторы находятся на нулевых уровнях [18-19].

Таблица 1 – Кодирование факторов и выбор интервалов их варьирования

Наименование	Значения		
	X ₁	X ₂	X ₃
Обозначение факторов	X ₁	X ₂	X ₃
Наименование фактора	Частота вращения ворошилок $n_{вор}, \text{мин}^{-1}$	Подача семян в сушильную камеру q , кг/ч	Температура сушильного агента $T_{ca}, \text{°C}$
Базовый уровень	4	24	50
Интервал варьирования	1	2	2
Верхний уровень фактора	5	26	52
Нижний уровень фактора	3	22	48
Функция отклика	Y_1 – энергоёмкость процесса сушки семян E , кВт·ч/кг		
	Y_2 – кондиционная влажность семян W , %		

Воспроизводимость при одинаковом числе параллельных опытов на каждом сочетании уровней факторов проверялись по критерию Кохрена [18-19].

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные в результате экспериментальных исследований данные обрабатывались методами математической статистики и представлены графически.

Результаты определения производительности устройства подачи семян в камеру сушки при определенной влажности представлены в виде графических зависимостей (рисунок 5).

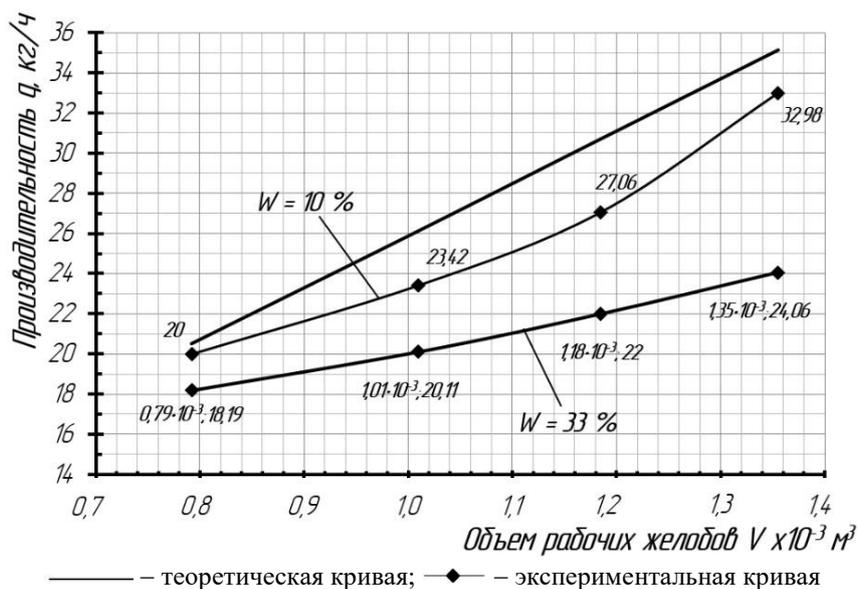


Рис. 5 – Зависимость производительности устройства подачи семян в камеру сушки от объема рабочих желобов дозатора при различной влажности семян

Анализ графической зависимости показал, что с увеличением рабочего объема желобов лопастного дозатора увеличивается производительность устройства подачи семян в сушильную камеру. Кроме того, при фиксированном значении одного объема желобов лопастного дозатора с уменьшением влажности семян производительность устройства подачи увеличивается, а с увеличением влажности семян производительность дозатора уменьшается. Это происходит по причине влияния адгезионных свойств, «слипаемости» семян.

Результаты полученных экспериментальных исследований по нахождению рационального угла наклона газораспределительного решета выгрузного устройства представлены графической зависимостью (рисунок 6).

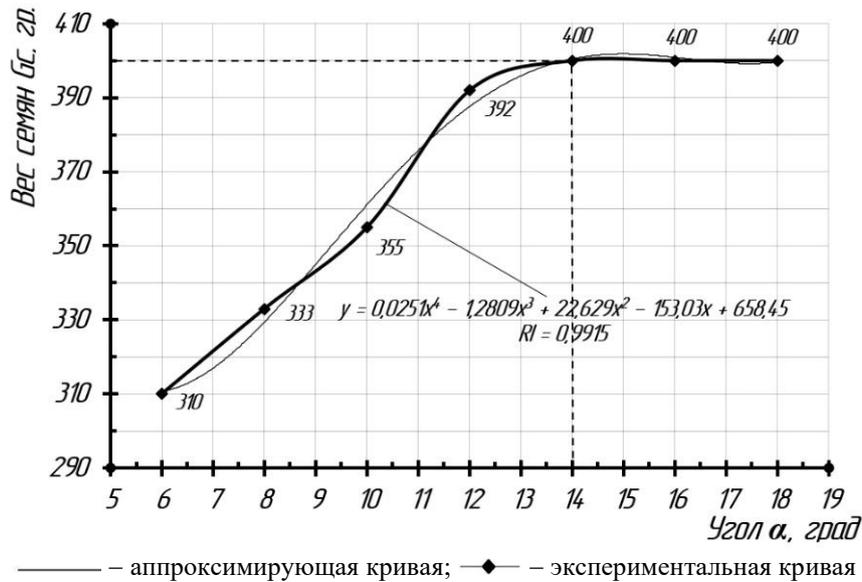
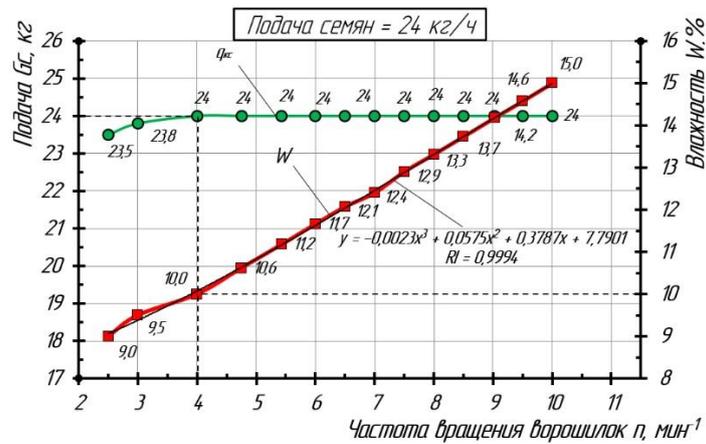


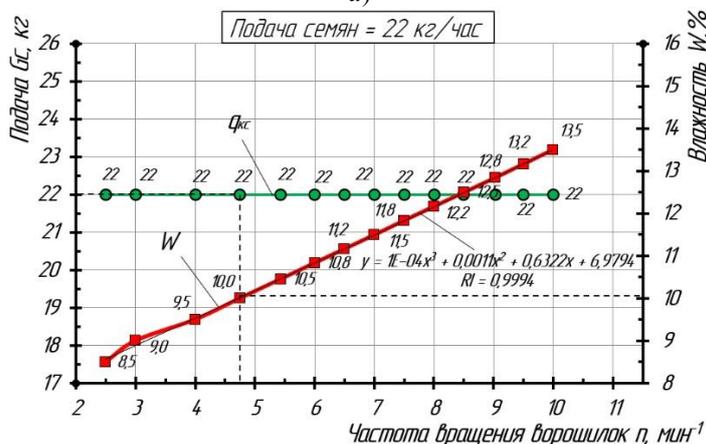
Рис. 6 – Зависимость схода семенного материала с наклонного газораспределительного решета камеры сушки от угла наклона его к горизонту

Из графика на рисунке 6 видно, что при угле наклона газораспределительного решета 14° достигается наилучшая разгрузка семенного материала с наклонного газораспределительного решета. Данное значение угла наклона принято в дальнейших исследованиях как рациональное.

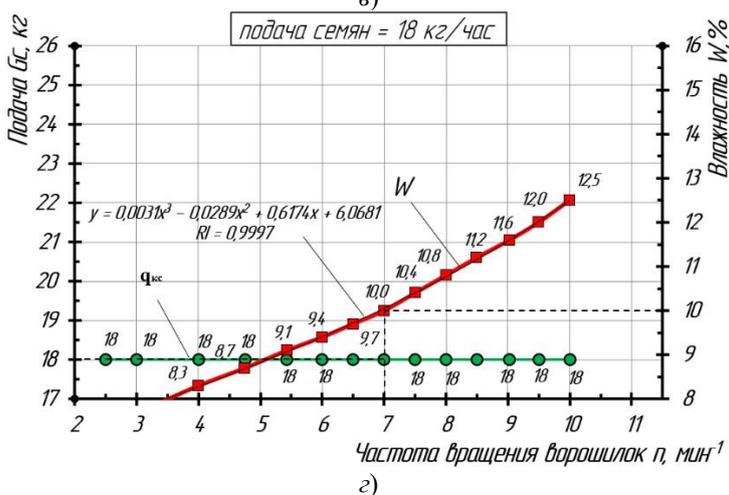
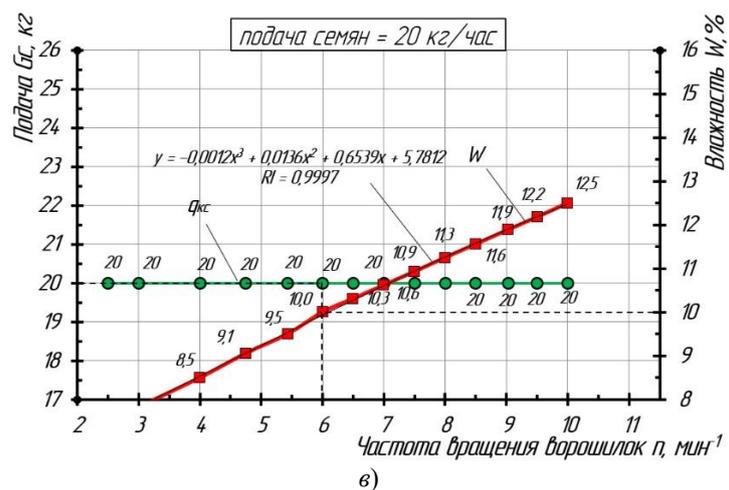
Результаты изучения транспортной способности ворошилок сушилки при разной подаче семян представлена графически на рисунке 7.



а)



б)



а – 24 кг/ч; б – 22 кг/ч; в – 20 кг/ч; г – 18 кг/ч; ● – зависимость пропускной способности камеры сушки от частоты вращения ворошилок; ■ – зависимость влажности семян от пропускной способности камеры сушки

Рис. 7 – Зависимость пропускной способности камеры сушки от частоты вращения ворошилок при различной подаче семян в сушильную камеру

Из рисунка 6, а, кривая $q_{кc}$, видно, что при подаче семян в камеру сушки 24 кг/ч и частоте вращения ворошилок ниже 4 мин⁻¹ происходит снижение транспортной способности ворошилок. Это можно объяснить тем, что подача семян в камеру сушки превышала транспортную способность ворошилок. При длительном использовании такого режима произойдет перегрузка камеры сушки семенным материалом, что недопустимо. При подаче семян в камеру сушки 22, 20 и 18 кг/ч (рис. 7,б, 7,в, 7,г) такого эффекта не наблюдается. Исходя из вышеизложенного, приходим к выводу, что рациональная пропускная способность камеры сушки обеспечивается при частоте вращения ворошилок выше 4 мин⁻¹.

Для определения конкретных значений частоты вращения ворошилок при различной подаче семян в камеру сушки был проведен подобный эксперимент, но уже с применением температуры сушильного агента 50°С. При данном эксперименте на выходе семян из камеры сушки производился замер влажности. По результатам данного эксперимента построены кривые W , которые представлены на рисунке 7.

По кривым W из графиков (рисунок 7) видно, что с увеличением частоты вращения ворошилок увеличивается и влажность семян, замеряемая при выходе их из сушилки, т.е. семена при повышении частоты вращения ворошилок больше 4 мин⁻¹ семена пройдя все секции, не успевают дойти до требуемой кондиционной 10% влажности.

Исходя из проведенных экспериментальных исследований и проанализировав полученные зависимости можно сделать вывод, что рациональной частотой вращения ворошилок при максимальной производительности лопастного дозатора, т.е. при подаче семян в су-

шилльную камеру 24 кг/ч, с учетом транспортной способности ворошилок и выходной влажности семян из камеры сушки является частота 4 мин⁻¹.

На основании полученных экспериментальных данных построен график производительности сушилки ВСБК, который связывает подачу семян в сушильную камеру и частоту вращения ворошилок (рисунок 8).

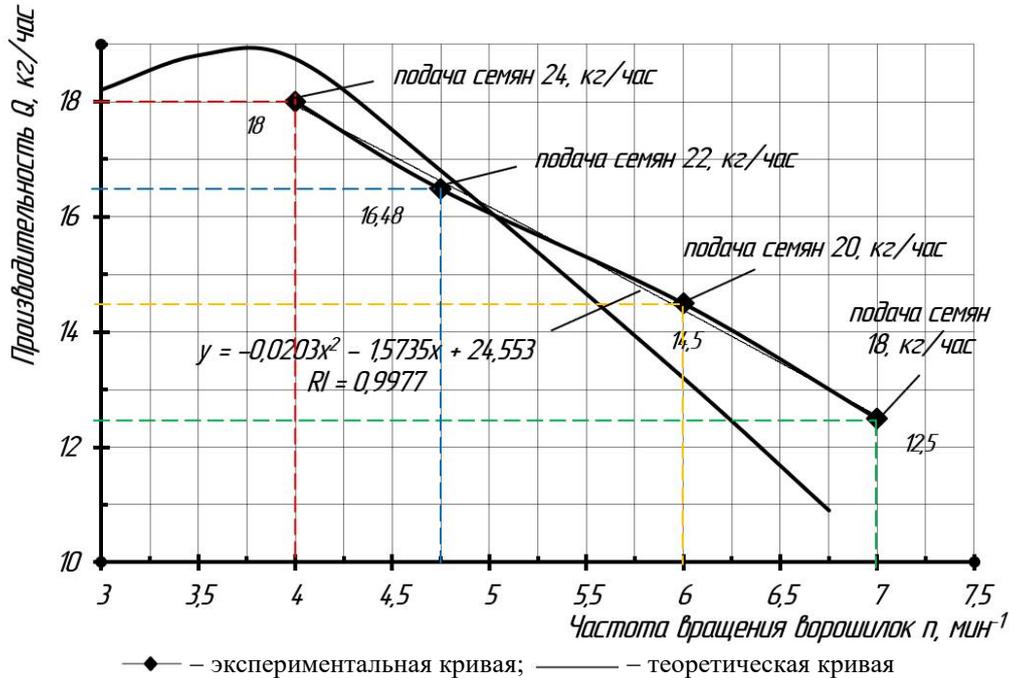


Рис. 8 – Зависимость производительности сушилки с учетом подачи семян в сушильную камеру от частоты вращения ворошилок

С целью определения рациональных конструктивно-технологических параметров предлагаемой сушилки с дифференцированным подводом тепла к принудительно перемещаемому материалу, обеспечивающих минимальную энергоёмкость процесса сушки при требуемом качестве семян был проведен многофакторный эксперимент. Результаты экспериментальных исследований были обработаны при помощи программы Statistica for Windows. Были проверены однородности дисперсий, статистическая значимость коэффициентов регрессии и адекватности математических моделей [17-19].

В результате проведения многофакторного эксперимента по почти ротатбельному плану Бокса-Бенкина второго порядка получены математические модели в форме раскодированных уравнений регрессии второго порядка, адекватно описывающие технологический процесс сушки семян тыквы:

$$E = 7,814250 + 0,495167 \cdot n_{вор} + 0,015792 \cdot n_{вор}^2 + 0,096562 \cdot q - 0,002240 \cdot q^2 - 0,347979 \cdot T_{ca} + 0,003885 \cdot T_{ca}^2 - 0,001000 \cdot n_{вор} \cdot q - 0,012000 \cdot n_{вор} \cdot T_{ca} + 0,000313 \cdot q \cdot T_{ca}, \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{кг}; \quad (3)$$

$$W = 400,3750 - 0,9667 \cdot n_{вор} + 0,5333 \cdot n_{вор}^2 - 11,3625 \cdot q + 0,2583 \cdot q^2 - 9,9458 \cdot T_{ca} + 0,0958 \cdot T_{ca}^2 - 0,2500 \cdot n_{вор} \cdot q + 0,0500 \cdot n_{вор} \cdot T_{ca} + 0,00001 \cdot q \cdot T_{ca}, \text{ \%}. \quad (4)$$

Полученные уравнения регрессии позволяют оценить влияние факторов на технологический процесс сушки семян тыквы и оптимизировать их значения.

Наибольшее влияние на энергоёмкость процесса сушки до кондиционной влажности семян оказывает температура сушильного агента.

Для нахождения оптимальных (минимальных) значений удельной энергоёмкости процесса сушки семян тыквы сорта «Волжская серая», а также кондиционной влажности семян возьмем частные производные от уравнений (3 и 4) по трём переменным ($q, n_{вор}, T_{ca}$). Приравняв их к нулю, получим системы уравнений:

$$\begin{cases} d\mathcal{E}/dn_{вор} = 0,495167 + 0,031584 \cdot n_{вор} - 0,001000 \cdot q - 0,012000 \cdot T_{ca}; \\ d\mathcal{E}/dq = 0,096562 - 0,00448 \cdot q - 0,001000 \cdot n_{вор} + 0,000313 \cdot T_{ca}; \\ d\mathcal{E}/dT_{ca} = -0,347979 + 0,00777 \cdot T_{ca} - 0,012000 \cdot n_{вор} + 0,000313 \cdot q; \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} dW/dn_{вор} = -0,9667 + 1,0666 \cdot n_{вор} - 0,2500 \cdot q + 0,0500 \cdot T_{ca}; \\ dW/dq = -11,3625 + 0,5166 \cdot q - 0,2500 \cdot n_{вор} + 0,00001 \cdot T_{ca}; \\ dW/dT_{ca} = -9,9458 + 0,1916 \cdot T_{ca} + 0,0500 \cdot n_{вор} + 0,00001 \cdot q. \end{cases} \quad (6)$$

Решив системы уравнений (5) и (6) методом Крамера с помощью компьютерной программы «Mathcad», были получены оптимальные значения факторов для сушки семян тыквы, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета оптимальных значений факторов

Факторы	Энергоёмкость процесса сушки семян Э, кВт·ч/т			Кондиционная влажность семян W, %		
	$n_{вор},$ мин ⁻¹	$q,$ кг/ч	$T_{ca},$ °С	$n_{вор},$ мин ⁻¹	$q,$ кг/ч	$T_{ca},$ °С
Значения	4,19	24,12	50,3	4,16	24,09	51

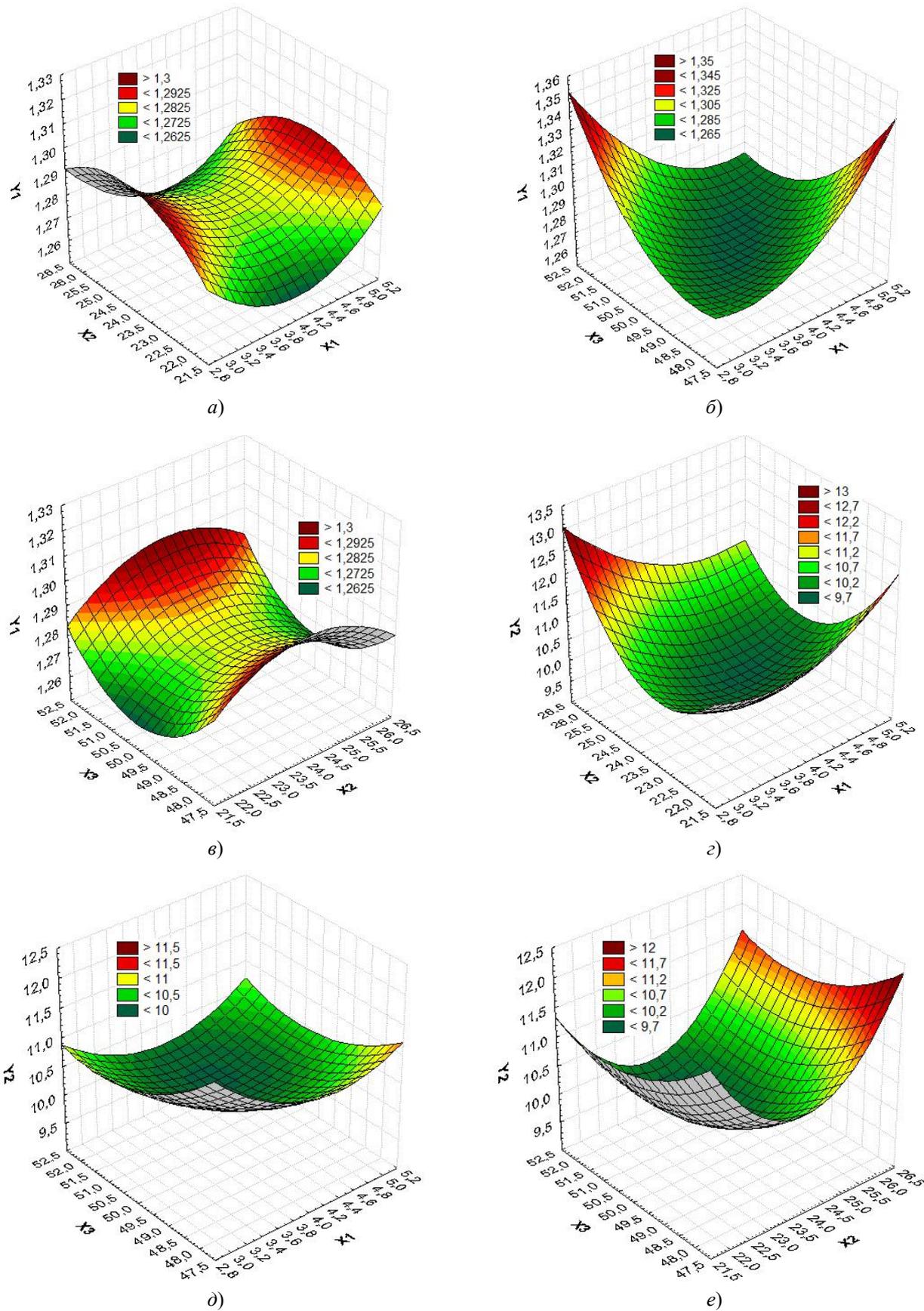
На основании полученных данных при помощи программы Statistica 8.0 были построены двумерные сечения, при оптимальных значениях третьего фактора. Двумерные сечения сушки семян тыквы представлены на рисунке 9.

С целью определения компромиссных значений конструктивно-технологических параметров сушилки ВСБК, которые обеспечивают минимальную энергоёмкость процесса сушки при требуемом качестве семян, был проведен графоаналитический анализ математических моделей методом наложения двумерных сечений и решена компромиссная задача [18] – на поверхности отклика основного параметра оптимизации наложен ограничивающий дополнительный параметр (рисунок 10) и были найдены оптимальные значения.

В результате нахождения условных экстремумов были получены компромиссные значения факторов и рассчитана энергоёмкость процесса сушки семян тыквы сорта «Волжская серая» таблица 3.

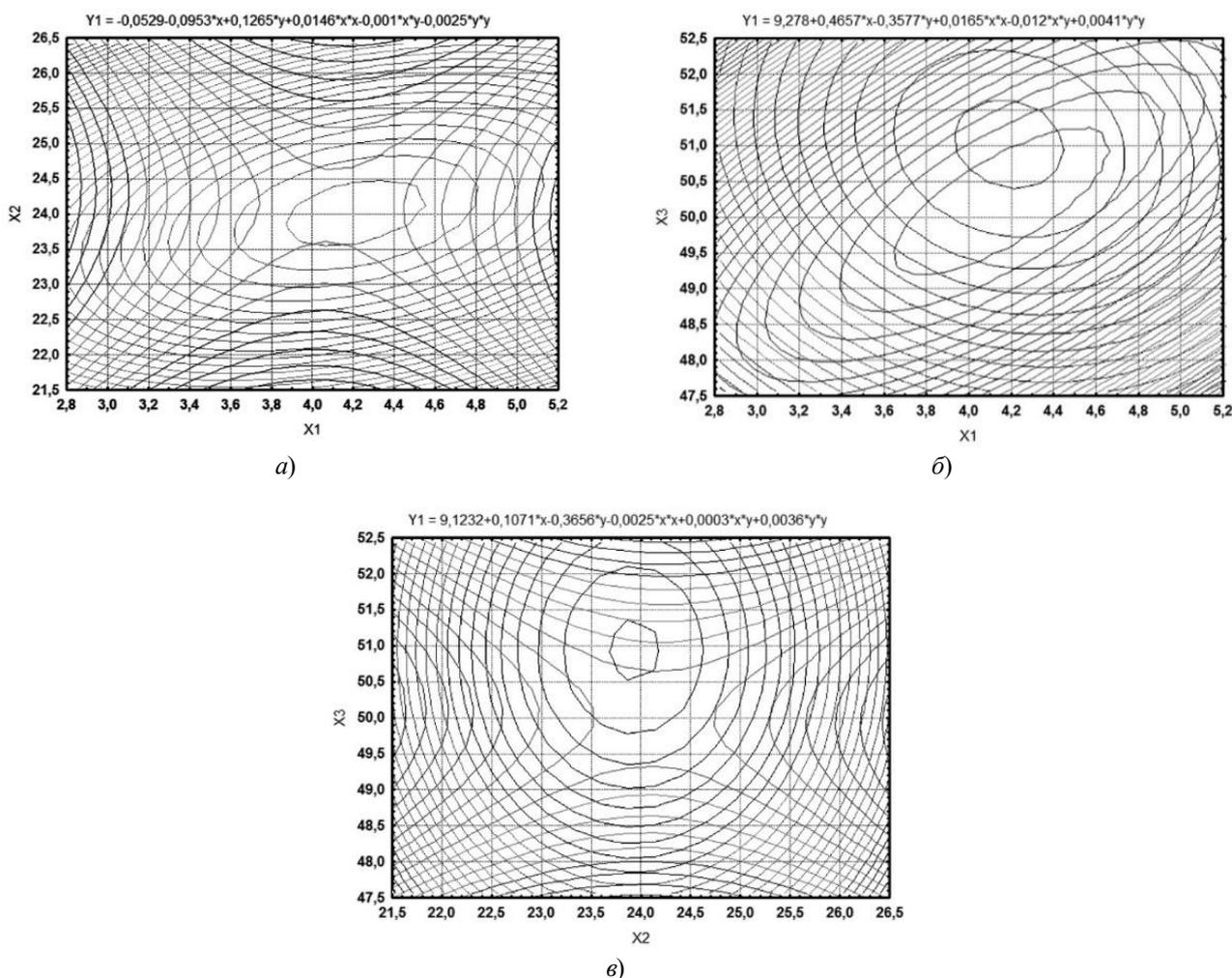
Таблица 3 – Результаты решения компромиссной задачи

Обозначение факторов	X_1	X_2	X_3
Наименование фактора	Частота вращения ворошилок $n_{вор},$ мин ⁻¹	Подача семян в сушильную камеру $q,$ кг/ч	Температура сушильного агента $T_{ca},$ °С
Значение фактора	4,2	24	50,6
Энергоёмкость процесса сушки E, кВт·ч/кг	1,268		
Кондиционная влажность семян W, %	9,2		



а – X3 ($T_{ca} = 50$ град); б – X2 ($q = 24$ кг/ч); в – X1 ($n_{вор} = 4$ мин⁻¹) – энергоёмкость процесса сушки семян тыквы при фиксированном значении одного фактора;
 г – X3 ($T_{ca} = 50$ град); д – X2 ($q = 24$ кг/ч); е – X1 ($n_{вор} = 4$ мин⁻¹) – влажность семян тыквы при фиксированном значении одного фактора

Рис. 9 – Двумерные сечения сушки семян тыквы



а – X3 ($T_{ca} = 50$ град); б – X2 ($q = 24$ кг/ч); в – X1 ($n_{вор} = 4$ мин⁻¹)

Рис. 10 – Графическое решение компромиссной задачи

Приведенные выше результаты экспериментальных исследований подтверждают рабочую гипотезу повышения эффективности технологического процессу сушки высоко влажных семян бахчевых культур путем применения секционной сушилки непрерывного действия с дифференцированным подводом тепла к принудительно перемешиваемому материалу.

Выводы.

1. Предложенная конструкция сушилки ВСБК, в которой реализован дифференцированный подвода тепла к принудительно перемешиваемому материалу, позволяет за один проход сушильной камеры против направления движения сушильного агента получить из свежесвыделенных семян бахчевых культур семенной материал кондиционной влажности и подтверждают целесообразность ее применения для семенных целей.

2. В результате однофакторных экспериментов определены следующие закономерности и рациональные значения конструктивно-технологических параметров сушилки при восьми секциях (включая секцию для выгрузки семенного материала из камеры сушки):

- угол наклона газораспределительного решета выгрузного устройства $\alpha=14^\circ$;
- подача семян в камеру сушки $q=24$ кг/ч;
- частота вращения ворошилок $n_{вор}$ при подаче семян в сушильную камеру 24 кг/ч – 4 мин⁻¹, при подаче 22 кг/ч – 4,75 мин⁻¹, при 20 кг/ч – 6 мин⁻¹ и при 18 кг/ч – 7 мин⁻¹;
- скорость сушильного агента $V=5$ м/с;
- предельно допустимая температура сушильного агента, не снижающая посевных качеств семян тыквы сорта «Волжская серая» $T_{ca}=50^\circ\text{C}$;

– при вищеприведених конструктивно-технологічних параметрах сушилки удельная енергоемкость процесса сушки семян тыквы использованного сорта составила $E_y=1,27$ кВт·ч/кг при производительности сушилки 18 кг/ч.

3. В результате проведения и обработки результатов многофакторного эксперимента методом Бокса-Бенкина получены математические модели в виде раскодированных уравнений регрессии второго порядка (3) - (4), адекватно описывающие процесс сушки семян тыквы. Наибольшее влияние на энергоёмкость процесса сушки оказывает температура сушильного агента.

4. Проведенный графоаналитический анализ математической модели с помощью двухмерных сечений и решение компромиссной задачи показали рациональные значения (сочетание) изучаемых факторов:

- частота вращения ворошилок $4,2 \text{ мин}^{-1}$;
- подача семян в сушильную камеру 24 кг/ч;
- температура сушильного агента $50,6^\circ\text{C}$.

При производительности сушилки ВСБК сорта «Волжская серая» 18 кг/ч удельная энергоёмкость процесса сушки составила $1,268$ кВт·ч/кг при достигнутой кондиционной влажности семян $9,2\%$.

5. Результаты экспериментальных исследований подтвердили теоретические предположения по исследованию технологического процесса сушки семян тыквы сорта «Волжская серая», чем подтверждается расхождением полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований в пределах $3-5,4\%$.

Бібліографія

1. Бахчевые культуры / [Лымарь А.О., Кашеев А.Я., Диденко В.П. и др.]; под редакцией А.О. Лымаря. К. : Аграрная наука, 2000. 330 с.
2. Горова Т.К., Гаврилюк М.М., Ходеева Л.П. та ін. Насінництво й насіннезнавство овочевих і багаторічних культур. УААН, Селекційно-генетичний ін.-т. Національний центр насіннезнавства та сортовивчення. К. : Аграрна наука, 2003. 328 с.
3. Solomon O., Taiwo O., Mechanization of melon processing and novel extraction technologies: A short review. Scientific African, vol. 9, 2020. 20-21p.
4. Голубкович А.В. Уборка и сушка семян овощных и бахчевых культур / Голубкович А.В. М. : Россельхозиздат, 1984. 129 с.
5. Голубкович А.В. Теория и технология сушки семян овощных и бахчевых культур / Голубкович А.В. М. : Агропромиздат, 1987. 141 с.
6. Голубкович А.В. Технологические основы сушки высоковлажных семян овощных и бахчевых культур с обеспечением высокого качества: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» Москва, 1989. С. 35.
7. Добрицкий А.А. Классификация способов и устройств сушилок высоко влажных семян бахчевых культур // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Луганськ: ЛНАУ. 2006. № 64/87. С. 100-105.
8. Чекановкин А.А. Сушка высоковлажных семян бахчевых культур / А.А. Чекановкин, А.А. Добрицкий // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Спеціальний випуск 2(41). Миколаїв: МДАУ, 2007. С. 161-165.
9. Добрицкий А.А., Вольвак С.Ф. Сушилка семян бахчевых культур // Сельский механизатор, 2019. № 12. С. 20-21.
10. Добрицкий А.А. Сушилка семян овощебахчевых культур // Материалы национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы разработки, эксплуатации и технического сервиса машин в агропромышленном комплексе» посвященной 40-летию Белгородского ГАУ п. Майский: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. С. 133-139.
11. Добрицкий А.А. Определение производительности сушилки высоковлажных семян бахчевых культур // Інновації в АПК: проблеми і перспективи. 2020. № 3 (27). С. 43-52.
12. Добрицкий А.А. Математическая модель процесса сушки семян бахчевых культур // Материалы XXIII международной научно-производственной конференции «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее». В 2 т. Том 1. п. Майский : Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. С. 138-140.
13. Добрицкий А.А., Вольвак С.Ф. Определение энергоёмкости сушилки высоковлажных семян бахчевых культур // Інновації в АПК: проблеми і перспективи. 2020. № 4 (28). С. 45-50.
14. Царенко О.М., Войтюк Д.Г., Швайко В.М. та ін. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. К. : Мета, 2003. 448 с.

15. Alexander Dobrickiy, Dmitriy Bakharev, Alexander Pastukhov, Sergey Volvak. Experimental study of melon crop seed dryer productivity. Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering, International Scientific Conference Engineering for rural development, proceedings, volume 20, 2021, Pp 157-162.
16. Raquel Pinho, Susana Pinho, Maria João, Study of the convective drying of pumpkin. Food and Bioprocesses Processing, vol. 89(4), 2011, pp. 422-428.
17. Добрицкий А.А. Обоснование рациональных параметров сушки высоко влажных семян бахчевых культур // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке», посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. – п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. С. 54-58.
18. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / Мельников С.В., Алешкин В.П., Рошин П.М. Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. 168 с.
19. Шаповалов В.И., Вольвак П.Ф., Пермигин М.Ф., Евсюков В.А. Многофакторный эксперимент. Методические рекомендации по проведению и обработке результатов. Луганск : ЛГАУ, 1999. 38 с.

References

1. Bakhchevye kultury [Melons and gourds] / [Lymar A.O., Kashcheev A.Y., Didenko V.P. i dr.] pod redaktsiei A.O. Lymaria. K.: Agrarnaia nauka, 2000. S. 330.
2. Gorova T., Gavriuliuk M., Khodeeva L., Seed production and seed science of vegetable and melon crops., UAAN. Selektiyno-genetichnyi in.-t. Natsionalniy tsentr nasinneznavstva ta sortovivchennya. K. : Agrarna nauka, 2003. S. 238.
3. Solomon O., Taiwo O., Mechanization of melon processing and novel extraction technologies: A short review. Scientific African, vol. 9, 2020. 20-21p. (In English).
4. Golubkovich A.V. Uborka i sushka semian ovoshchnykh i bakhchevykh kultur [Cleaning and drying of vegetable and melon crops seeds] // Moskva : Rosselkhozizdat 1984. S. 129.
5. Golubkovich A.V. Teoriya i tekhnologiya sushki semyan ovoshchnykh i bakhchevykh kultur [Theory and technology of drying seeds of vegetable and melon crops] // Moskva: VO Agropromizdat 1987. S. 141.
6. Golubkovich A.V. Tekhnologicheskoye osnovy sushki vysokovlazhnykh semyan ovoshchnykh i bakhchevykh kultur s obespecheniyem vysokogo kachestva [Technological basis for drying high-moisture seeds of vegetable and melon crops with high quality assurance] // Avtoref. dis. na soiskaniye uch. stepeni dokt. tekhn. nauk: 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khozyaystva» Moskva. 1989. S. 35.
7. Dobritskiy A.A. Classification of methods and devices of dryers of high-moist seed of water-melon cultures [Classification of methods and devices of dryers of high-moist seed of water-melon cultures] // Naukoviy visnik Luganskogo nacionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya: Tehnichni nauki. Lugansk: LNAU, 2006. № 64/87. S. 100-105.
8. Chekanovskiy A.A. Drying of high-moisture seeds of melons / A.A. Chekanovskiy, A.A. Dobritskiy // Visnik agrarnoy nauki Prichornomor'ya. Special'niy vipusk 2 (41). Mikolaiv : MDAU, 2007.S. 161-165.
9. Dobritskiy A.A., Volvak S.F. Sushilka semyan bakhchevykh kultur [Dryer seeds melons crops] // Selskiy mekhanizator, 2019. № 12. S. 20-21.
10. Dobritskiy A.A. Sushilka semyan ovoshchebakhchevykh kultur [Drying of seed of water-melon cultures] // Materialy natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktualnyye problemy razrabotki. ekspluatatsii i tekhnicheskogo servisa mashin v agropromyshlennom komplekse» posvyashchennoy 40-letiyu Belgorodskogo GAU. Mayskiy : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2019. S. 132-138.
11. Dobritskiy A.A. Opredelenie proizvoditelnosti sushilki vysokovlazhnykh semian bakhchevykh kultur [Determination of the performance of the dryer for high-moisture seeds of melons crop] // Innovatsii v APK problemy i perspektivy, 2020. № 3 (27) S. 43-52.
12. Dobritskiy A.A. Matematicheskaya model protsessa sushki semyan bakhchevykh kultur [Mathematical model of the process of drying seeds of water-melon cultures] // Materialy XXIII mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii «Innovatsionnyye resheniya v agrarnoy nauke – vzglyad v budushcheye» v 2 t. Tom 1. Mayskiy : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2019. S. 138-140.
13. Dobritskiy A.A., Volvak S.F. Opredelenie ehnergoemkosti sushilki vysokovlazhnykh semyan bakhchevykh kultur [Determining the energy capacity of the dryer high moisture seeds of melons] // Innovatsii v APK problemy i perspektivy, 2020. № 4 (28) S. 45-50.
14. Tsarenko O., Voitiuk D., Shvaiko V., Mekhaniko-tekhnologichni vlastivosti silskogospodarskikh materialiv [Mechanical and technological properties of agricultural materials] K. : Meta, 2003. 448 p. (In Ukraine).
15. Alexander Dobrickiy, Dmitriy Bakharev, Alexander Pastukhov, Sergey Volvak. Experimental study of melon crop seed dryer productivity. Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering, International Scientific Conference Engineering for rural development, proceedings, volume 20, 2021, Pp 157-162. (In English).
16. Raquel Pinho, Susana Pinho, Maria João, Study of the convective drying of pumpkin. Food and Bioprocesses Processing, vol. 89(4), 2011, pp. 422-428. (In English).
17. Dobritskiy A.A. Obosnovaniye ratsionalnykh parametrov sushilki vysoko vlazhnykh semyan bakhchevykh kultur [Ground of rational parameters of dryer is high moist seed of water-melon cultures] // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktualnyye problemy agroinzhenerii v XXI veke». posvyash-

chennoy 30-letiyu kafedry tekhnicheskoy mekhaniki konstruirovaniya mashin. Mayskiy : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. S. 54-58.

18. Melnikov S.V., Aleshkin V.P., Roshchin P.M. Planirovanie ehksperimenta v issledovaniyakh selskokhozyajstvennykh processov [Planning an experiment in agricultural process research]. L. : Kolos, Leningr. otd-nie, 1980, 168 p.

19. Shapovalov V.I., Volvak S.F., Permigin M.F., Evsukov V.A. Mnogofaktornyj ehksperiment. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu i obrabotke rezul'tatov [A multifactorial experiment. Methodological recommendations for conducting and processing the results]. Lugansk : LGAU, 1999. 38 p.

Сведения об авторах

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

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

Information about authors

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

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

УДК 631.576:664.64

С.В. Зверев, Н.В. Алдошин, А.С. Васильев, Е.В. Глухова

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВ ИЗ ЯГОДНОГО СЫРЬЯ

Аннотация. Наиболее перспективным вторичным сырьем для нужд переработки является ягодный жом, зачастую направляемый на корм животным. Данное сырье обладает исключительно ценным химическим составом, позволяющим при его применении в проектировании сложных пищевых продуктов создавать их новые виды. Известные схемы переработки ягодного жома, как правило, упрощены и не учитывают возможности его широкого потенциального использования, что требует проведения специальных научных изысканий. Целью исследований являлось изучение особенностей технологического процесса производства порошков из ягодного жома и разработка технологий их использования при производстве отдельных видов пищевой продукции. Исследования проводились на базе кафедры технологии переработки и хранения сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Тверская ГСХА. В работе представлены технологические схемы глубокой переработки ягодного жома, основанные на отделении оболочки и мякоти от семян с целью их последующего раздельного использования. В соответствии со схемами мякоть перерабатывается в порошки, а семена после извлечения из них масла фракционируются на белковую фракцию и фракцию, насыщенную клетчаткой. В результате реализации технологий переработки ягодного жома были выработаны экспериментальные образцы порошков из мякоти, которые были применены при разработке новых рецептур маффинов и маринадов для мяса. Установлено, что оптимальной дозой применения порошка малины является 25% от массы используемой пшеничной муки. Данное изделие приобретало яркие органолептические характеристики малины. В свою очередь, добавление в маринад по 15 грамм ягодного порошка (варианты опыта: 1) черноплодная рябина; 2) брусника; 3) морошка) в расчете на 1 кг мясного сырья обеспечивало придание изделиям приятных вкуса и аромата, свойственных ягодам. На следующих этапах планируется продолжить исследования по оптимизации технологических процессов переработки фруктово-ягодного сырья и расширению ассортимента новых видов пищевой продукции.

Ключевые слова: ягоды, жом, фракционирование, ягодные порошки, технологии производства, практическое использование.

PRODUCTION TECHNOLOGY OF POWDERS FROM BERRY RAW MATERIALS

Abstract. The most promising secondary raw materials for the needs of processing are berry pomace, often sent for animal feed. This raw material has an exceptionally valuable chemical composition, which allows it to be used in the development of complex food products to create new types of them. Known schemes for processing berry pomace, as a rule, are simplified and do not take into account the possibility of its wide potential use, which requires special scientific research. The purpose of the research was to study the features of the technological process of producing powders from berry pomace and to develop technologies for their use in the production of certain types of food products. The research was conducted on the basis of the Department of Technology of Processing and Storage of Agricultural Products of the Tver State Agricultural Academy. The paper presents technological schemes of deep processing of berry pomace, based on the separation of the shell and pulp from the seeds for the purpose of their subsequent separate use. According to the schemes, the pulp is processed into powders, and the seeds, after extracting oil from them, are fractionated into a protein fraction and a fraction saturated with fiber. As a result of the implementation of berry pomace processing technologies, experimental samples of pulp powders were developed, which were used in the development of new recipes for muffins and marinades for meat. It was found that the optimal dose of raspberry powder is 25% of the mass of wheat flour used. This product acquired bright organoleptic characteristics of raspberries. In turn, adding 15 grams of berry powder to the marinade (experience options: 1) chokeberry; 2) lingonberry; 3) cloudberry) per 1 kg of raw meat provided the products with a pleasant taste and aroma characteristic of berries. At the next stages, it is planned to continue research on optimizing the technological processes of processing fruit and berry raw materials and expanding the range of new types of food products.

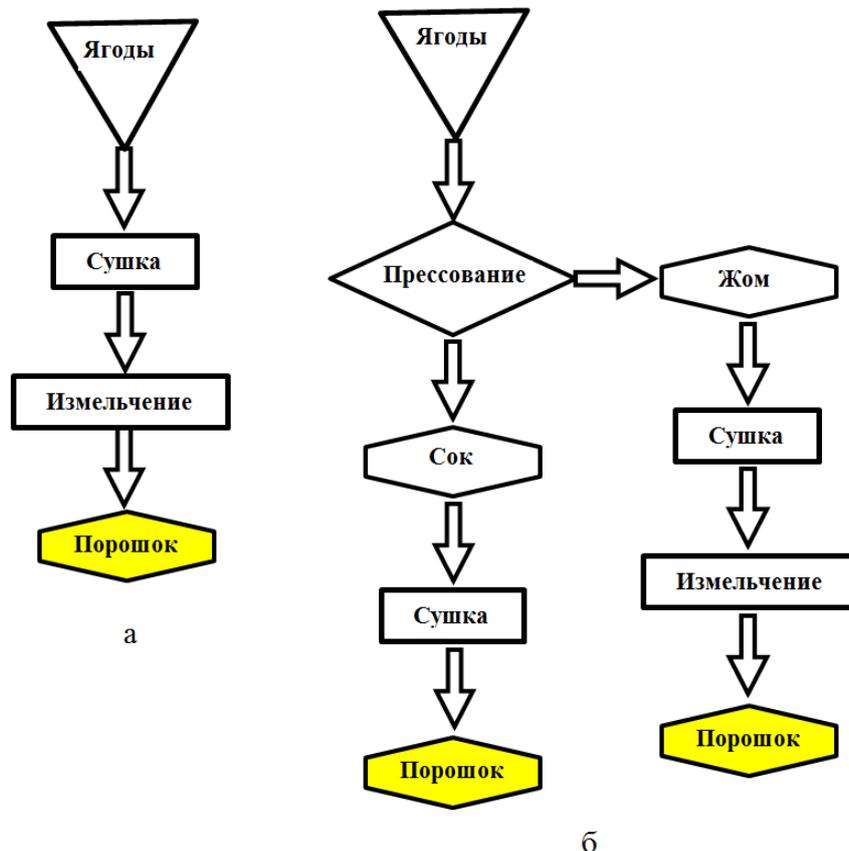
Keywords: berries, pomace, fractionation, berry powders, production technologies, practical use.

Введение. Повышение качества и расширение ассортимента продовольствия является важнейшей задачей перерабатывающей отрасли аграрного сектора экономики [1-5]. Достижение указанного результата возможно только при постоянном увеличении набора натуральных ингредиентов, необходимых для эффективной разработки новых поликомпонентных пищевых продуктов [1, 4, 5, 6]. К числу наиболее перспективных элементов для создания такой продукции относят порошки, получаемые из самого разнообразного плодовоовощного сырья [6-10]. Данные компоненты всегда были крайне востребованными и широко использовались как на бытовом уровне, так и в промышленном масштабе, например, при производ-

стве различных напитков, соусов, хлебобулочных и колбасных изделий [1, 2, 5, 7, 10-12]. Получаемые порошки из растительного сырья относятся к дисперсным системам типа «твердое тело-газ», при размере частиц в диапазоне $10^{-5} \dots 10^{-7}$ м, их, как правило, классифицируют как среднedisперсные [13].

Основными преимуществами порошков перед исходным сырьем являются: меньшая масса и объем при хранении и транспортировке; относительная гибкость состава (в состав порошков могут входить неорганические и органические вещества, в том числе порошки растительного и животного происхождения); высокая сорбционная и экстракционная способность; существенная биологическая активность, связанная с тонким измельчением; более значительная сохраняемость витаминной активности [7-9, 10, 12, 14]. При этом к наиболее значимым недостаткам порошков (которые могут быть решены созданием оптимальных условий хранения и по сути, как правило, служат достоинствами при проектировании новой продукции) относятся: высокая гигроскопичность и слабая стабильность некоторых нутриентов при хранении [11].

При традиционном производстве фруктово-ягодных порошков, находящих широкое применение в производстве кондитерских изделий и напитков, обычно реализуется одна из двух технологических схем, представленных на рисунке 1.



а) – технологическая схема получения нерастворимых порошков;
 б) – технологическая схема получения растворимых порошков

Рис. 1 – Технологические схем производства порошков из ягодного сырья

По наиболее простой схеме «а» получают нерастворимые порошки. По схеме «б» из сока получают растворимые порошки, но вторичный продукт жом, зачастую направляется на корм скоту [4]. При этом специалистами отмечается, что ягодный жом является ценнейшим пищевым продуктом. В научной литературе имеются сведения о технологиях переработки фруктово-ягодного и овощного жома [14-16], однако они, как правило, не всегда учитывают специфичность сырья и широту его потенциального использования. В этой связи, представляет интерес дальнейшая, более глубокая переработка жома, основанная на отделении оболочки и мякоти от семян, с целью их последующего отдельного использования. Данные

технологии довольно слабо изучены, равно как и практическое использование получаемой при их реализации продукции, что требует проведения специальных исследований.

Цель и задачи. Целью исследований являлось изучение особенностей технологического процесса производства порошков из ягодного жома и разработка технологий их использования при производстве отдельных видов пищевой продукции.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить технологические схемы производства порошков из ягодного жома;
- разработать технологии использования ягодных порошков при производстве маффинов и маринованных стейков;
- провести оценку качества произведенных изделий.

Материалы и методы. Исследования проводились на базе кафедры технологии переработки и хранения сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Тверская ГСХА в рамках плановой научной тематики «Создание улучшенных, ресурсо- и энергосберегающих технологий переработки и хранения сельскохозяйственной продукции». Научная работа состояла из следующих этапов: 1) анализ технологий глубокой переработки ягодного жома с выработкой экспериментальной партии порошков из ягодной мякоти; 2) разработка рецептуры и оценка качества маффинов с добавлением порошка малины; 3) разработка рецептуры и оценка качества маринованных стейков с добавлением порошков черноплодной рябины, брусники и морошки.

В рамках создания новых продуктов, в технологических схемах производства которых использовались порошки из мякоти ягодного жома, разработаны рецептуры маффинов с порошком малины и маринованных стейков с порошками черноплодной рябины, брусники и морошки (таблицы 1 и 2). Порошок малины вводился в состав маффинов на этапе тестоведения.

Таблица 1 – Рецептура маффинов с добавлением порошка малины (10, 25, 50%), кг

Наименование сырья	Вариант опыта			
	1 (контрольный образец)	2	3	4
Мука, высший сорт	100	90	75	50
Разрыхлитель	4			
Яйца	72			
Сахар	80			
Растительное масло	48			
Простокваша	72			
Порошок малины	-	10	25	50

Таблица 2 – Рецептура маринованных стейков, из расчета на 1 кг мясного сырья

Наименование сырья	Вариант опыта			
	1 (контрольный образец)	2	3	4
Основное сырье, г				
Свинина	1000	1000	1000	1000
Дополнительное сырье, г				
Оливковое масло	75			
Лимонный сок	30			
Соль поваренная пищевая	22			
Петрушка	12			
Сахар	5			
Порошок черноплодной рябины	-	15	-	-
Порошок брусники	-	-	15	-
Порошок морошки	-	-	-	15

Оценка качества произведенной продукции проводилась в соответствии с ГОСТ 15052-2014 Кексы. Общие технические условия [17] и ГОСТ 32951-2014 Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия [18].

Результаты исследований. К преимуществам глубокой переработки ягодного жома можно отнести то, что мы на выходе получаем ассортимент продуктов с различными свойствами. Порошок, получаемый непосредственно из мякоти, имеет более «нежную» консистенцию, по сравнению с порошком из цельной ягоды, поскольку в нем отсутствует грубая оболочка семян. При этом высокое содержание жира в семенах позволяет использовать технологию холодного отжима, что повышает качество масла, а отсутствие сухой оболочки и мякоти способствует более высокому его выходу. Сами же обезжиренные порошки будут иметь более высокий показатель сохраняемости.

Укрупнено, процесс глубокой переработки ягодного жома с фракционированием сырья можно разделить на «сухой» и «мокрый». В первом случае жом сушится и далее процесс разделения мякоти и семян проводится в сухом виде. Технологическая схема «сухой» переработки представлена на рисунке 2.

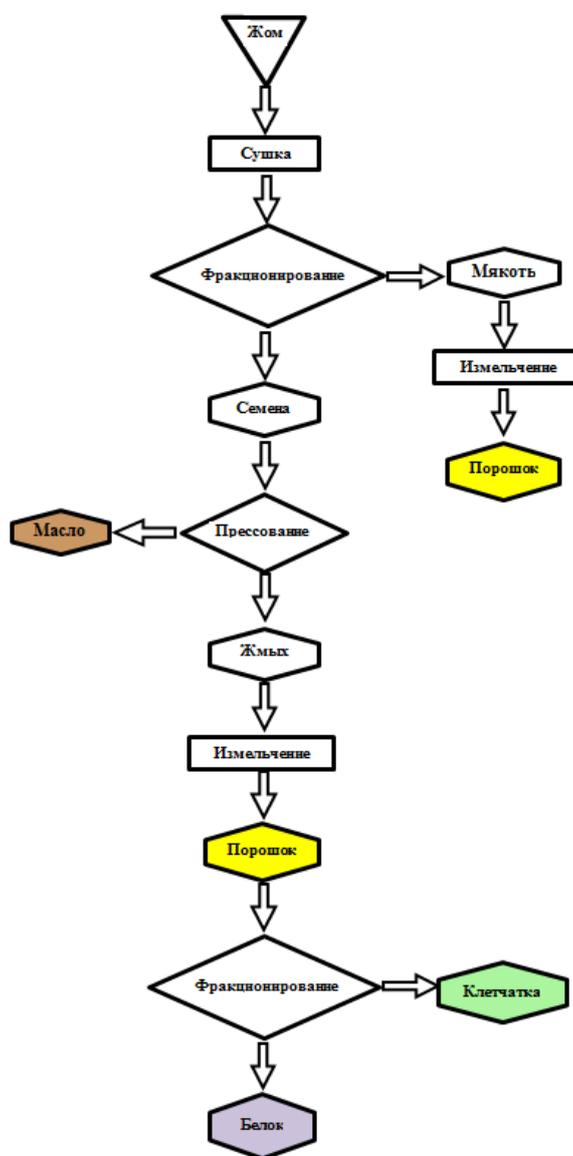


Рис. 2 – Технологическая схема «сухой» переработки ягодного жома

Во втором случае фракционирование жома проводится во влажном состоянии с дополнительным применением воды. Технологическая схема «мокрого» способа представлена на рисунке 3.

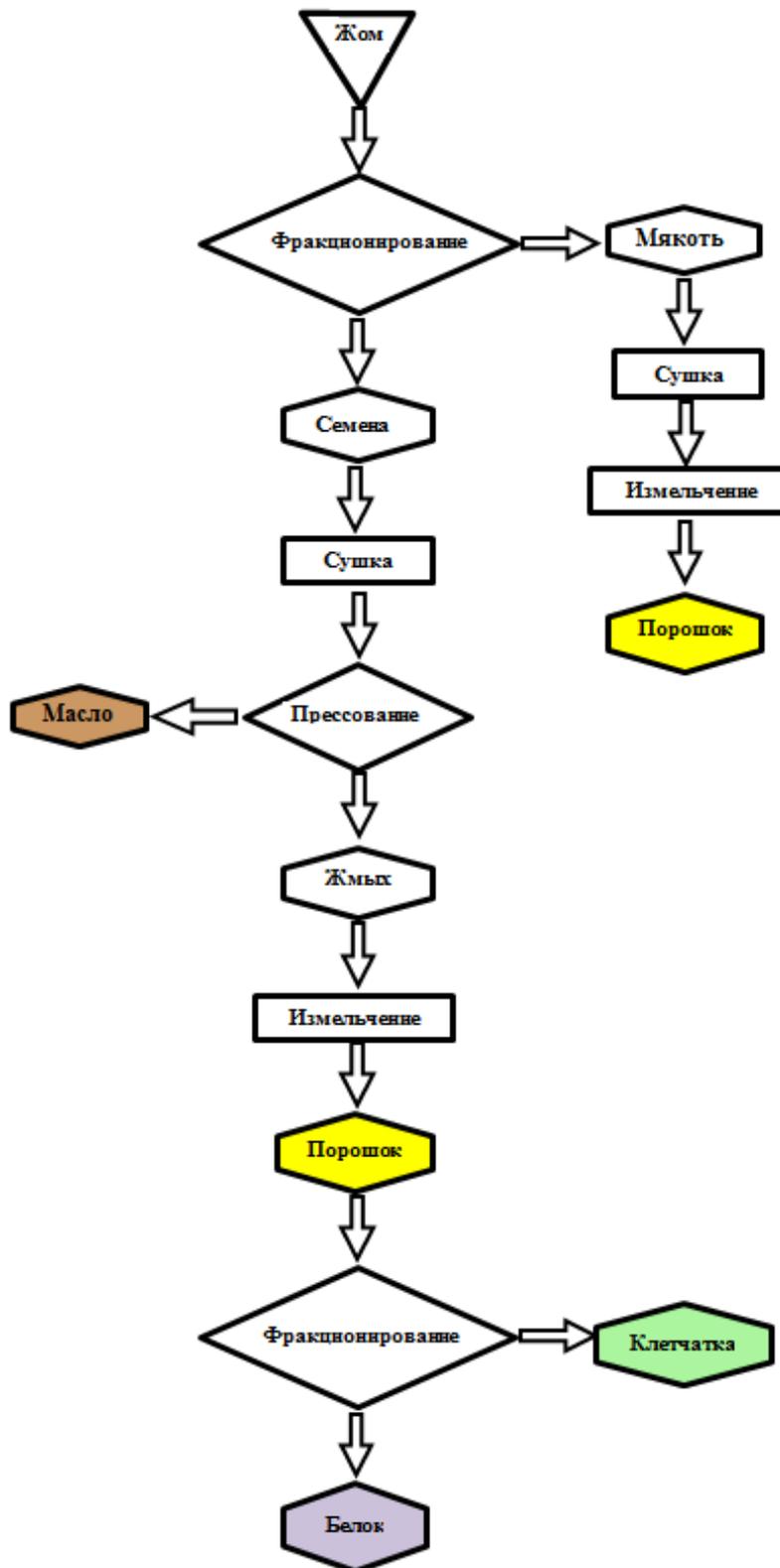


Рис. 3 – Технологическая схема «мокрой» переработки ягодного жома

В результате реализации технологий переработки ягодного жома были выработаны экспериментальные образцы порошков из мякоти, представленные на рисунке 4.



а) варианты продукции порошков;

б) визуальное представление продукции

Рис. 4 – Экспериментальные образцы порошков из мякоти ягодного жома

Полученные ягодные порошки обладали ярко выраженными специфическими вкусо-ароматическими характеристиками, присущими исходному сырью, что позволило активно использовать их при создании новой пищевой продукции. В частности, была разработана рецептура маффинов с разным насыщением их состава порошком малины. Установлено, что оптимальной дозой введения порошка была 25% от общего количества используемой пшеничной муки (таблицы 3 и 4). Данное количество фитоулучшителя довольно значительно обогащало вкус изделий, придавая им яркое послевкусие малины, гармонично сочетающееся с приятной консистенцией, ягодным запахом и цветом. Уменьшение дозы добавки до 10% также положительно влияло на вкус и цвет изделий, но при этом ее присутствие практически не проявлялось в запахе. Напротив, увеличение дозы порошка малины до 50% комплексно ухудшало органолептические свойства маффинов, а также оказывало сильное влияние на формоустойчивость изделий, что визуально прослеживается на рисунке 5. Данное явление объясняется, прежде всего, высокой гигроскопичностью порошка, что подтверждается данными учета физико-химических показателей, где у образца № 4 наблюдается наибольшая влажность изделий – 27,3%, что превышает допустимые ГОСТом значения.

Таблица 3 – Органолептические показатели качества маффинов с добавлением порошка малины

Показатель	Контрольный образец	Массовая доля порошка малины, %		
		10	25	50
Внешний вид:				
Поверхность	Верхняя часть правильной формы с характерными трещинами			
Цвет	карамельный	Коричнево-красный	Коричнево-красный	Темно-коричневый
Состояние мякиша:				
Пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь			Влажный на ощупь, плотный
Промесс	Без комочков и следов непромеса			
Пористость	Устойчивая, однородная, сохраняющая форму			
Цвет	Кремовый	Светло-розовый	Ярко розовый	Свекольный
Вкус	Соответствующий данному виду, без постороннего привкуса. Сладкий, не приторный	Сладкий, с еле уловимой кислинкой	Сладко-кислый, с послевкусием малины	Очень кислый, с ярко выраженным вкусом малины
Запах	Присущий данному виду изделий, без постороннего запаха		Ягодный запах	



Рис. 5 – Экспериментальные образцы маффинов с добавлением порошка малины

Таблица 4 – Физико-химические показатели качества маффинов с добавлением порошка малины

Показатель	ГОСТ 15052-2014	Контрольный образец	Массовая доля порошка малины, %		
			10 %	25%	50%
Влажность, %, не более	12,0-24,0	20,8	21,1	21,5	27,3
Кислотность, град, не более	2,5	1,9	2,1	2,3	2,7
Плотность г/см ³ , не более	0,55	0,45	0,49	0,52	0,57

Другим примером эффективного использования ягодных порошков используется включение их в состав маринадов при производстве мясной продукции для нужд предприятий общественного питания. Проведенные эксперименты по разработке технологии производства маринованных стейков с добавлением порошков черноплодной рябины, брусники и морошки подтвердили целесообразность их применения. Согласно данным органолептической оценки готовые изделия приобретали легкий приятный ягодный запах и привкус, свойственный конкретной используемой растительной добавке. Одновременно с этим произведенные изделия полностью сохраняли все свои физико-химические характеристики и полностью соответствовали требованиям ГОСТ 15052-2014.

Выводы.

1. К наиболее перспективным технологиям глубокой переработки ягодного жома следует отнести схему с фракционированием сырья на мякоть и семена. При этом реализация данного технологического процесса возможна как по «сухой» (с высушиванием жома), так и «мокрой» схемам. Дополнительно предложено включить в схемы фракционирование жмыха ягодных семян, состоящих из грубой оболочки (клетчатка, лигнины и т. п.) и относительно мягкого ядра, где сосредоточены жиры и белки. Данный процесс позволит выделить фракции с повышенным содержанием белка и с повышенным содержанием клетчатки. В настоящее время данных по химическому составу такой белковой фракции в литературе нет, что дает основание для продолжения исследований в данной области.

2. Порошки, вырабатываемые непосредственно из мякоти ягодного жома, обладают высокой применимостью при разработке новых видов пищевой продукции, что, в частности, подтверждается результатами исследований по разработке маффинов с порошком малины и маринадов для мяса с порошками черноплодной рябины, брусники и морошки. Установлено, что оптимальной дозой применения порошка малины является 25% от массы используемой пшеничной муки. Данное изделие приобретало яркие органолептические характеристики малины. В свою очередь добавление в маринад по 15 грамм ягодного порошка в расчете на 1 кг

мясного сырья обеспечивало придание изделиям приятных вкуса и аромата, свойственных ягодам.

3. В перспективе предполагается продолжить исследования по оптимизации технологических процессов переработки фруктово-ягодного сырья и расширению ассортимента новых видов пищевой продукции.

Библиография

1. Бакин И.А., Мустафина А.С., Вечтомова Е.А., Колбина А.Ю. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. № 2. С. 5-12.
2. Васильев А.С., Чумакова Е.Н., Фаринюк Ю.Т. Формирование показателей качества пшеничного хлеба при добавлении порошка топинамбура // Вестник КрасГАУ. 2019. № 5 (146). С. 174-181.
3. Гумаров Г.С., Коновалов В.В., Абуова А.Б., Сагингалиева А.Г. Получение порошка из плодов боярышника в условиях перерабатывающих производств малой мощности // XXI век: Итоги и проблемы настоящего плюс. 2021. Т. 10. № 1 (53). С. 132-139. DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0024
4. Черкасов С.В. Технология новых кормовых продуктов на основе вторичных сырьевых ресурсов пищевых производств: диссертация ... кандидата технических наук: 05.18.01 / Черкасов Сергей Владимирович; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»]. Краснодар, 2006. 130 с.
5. Родичева Н.В. Совершенствование технологий хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки овощей: автореферат диссертации ... кандидата технических наук: 05.18.01 / Родичева Наталья Викторовна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»]. Москва, 2012. 26 с.
6. Васильев А.С. Технология производства и оценка качества пшеничного хлеба с овощной смесью // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки: сборник научных трудов национальной научно-практической конференции, 20-21 мая 2021 г. Брянск : Изд-во Брянский ГАУ, 2021. С. 207-212.
7. Rajkumar H., Ganesan N.D. Effects of freeze-drying process on the production of cashew apple powder: determination of bioactive compounds and fruit powder properties // Journal of Food Processing and Preservation. 2021. Vol. 45. Is. 1. e15466. DOI: 10.1111/jfpp.15466
8. Luo Z., Zhou L., Zhu Y., Zhou C. Effects of different drying methods on the physicochemical property and edible quality of fermented *Pyracantha fortuneana* fruit powder // International Journal of Food Science & Technology. 2021. Vol. 56. Is. 2. P. 773-784. DOI: 10.1111/ijfs.14721
9. Roongruangsri W., Bronlund J. E. A review of drying processes in the production of pumpkin powder // International Journal of Food Engineering. 2015. Vol. 11. Is. 6. P. 789-799. DOI: 10.1515/ijfe-2015-0168
10. Пехтерева Н.Т., Евдокимова О.В., Догаева Л.А., Пономарева В.Е. Повышение пищевой ценности каш быстрого приготовления с использованием плодоовощных порошков // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020. № 1 (60). С. 79-84.
11. Корячкина С.Я., Ладнова О.Л., Годунов О.А., Холодова Е.Н. Применение тонкодисперсных овощных и фруктово-ягодных порошков при производстве пищевых концентратов сладких блюд // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2015. № 2. С. 31-37.
12. Костылев А.А. Получение монодисперсного порошка при переработке плодов черемухи // Вестник КрасГАУ. 2014. № 7 (94). С. 181-185.
13. Зверев С.В., Зверева Н.С. Физические свойства зерна и продуктов его переработки. М. : Де Ли принт, 2007. 175 с.
14. Магомедов Г.О., Перфилова О.В. Фруктово-овощные порошки из выжимок сокового производства – источник функциональных ингредиентов в хлебопечении // Хлебопродукты. 2019. № 3. С. 60-61. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-3-60-61
15. Карпенко Е.Н., Яцушко Е.С., Тягушева А.А., Зима В.В. Перспективы использования вторичных ресурсов винодельческих предприятий Анапо-Таманской зоны // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 54 (6). С. 183-191. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-6-54-183-191
16. Пьяникова Э.А., Ковалева А.Е., Рязанцева А.С. Исследование влияния яблочных выжимок на активность хлебопекарных дрожжей // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. № 2. С. 65-71. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10044
17. ГОСТ 15052-2014 Кексы. Общие технические условия. – Введ. 2016-01-01. – М. : Стандартиформ, 2019. 7 с.
18. ГОСТ 32951-2014 Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия. – Введ. 2016-01-01. – М. : Стандартиформ, 2015. 17 с.

References

1. Bakin I.A., Mustafina A.S., Vechtomova E.A., Kolbina A.Yu. Ispolzovanie vto-richnykh resursov yagodnogo syrya v tekhnologii konditerskikh i khlebobulochnykh izdeliy [The use of secondary resources of fruit raw materi-

- al in technology of confectionery and bakery products] // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2017. T. 45. № 2. S. 5-12.
2. Vasiliev A.S., Chumakova E.N., Farinyuk Yu.T. Formirovanie pokazateley kachestva pshenichnogo khleba pri dobavlenii poroshka topinambura [The formation of wheat bread quality indicators by adding jerusalem artichoke powder] // *Vestnik KrasGAU*. 2019. № 5 (146). S. 174-181.
 3. Gumarov G.S., Konovalov V.V., Abuova A.B., Sagingalieva A.G. Poluchenie poroshka iz plodov bo-yaryshnika v usloviyakh pererabatyvayushchikh proizvodstv maloy moshchnosti [Production of powder from hawthorn fruit in low-capacity processing plants] // XXI vek: Itogi i problemy nastoyashchego plyus. 2021. T. 10. № 1 (53). S. 132-139. DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0024
 4. Cherkasov, S.V. Tekhnologiya novykh kormovykh produktov na osnove vtorichnykh syrevykh resursov pishchevykh proizvodstv [Technology of new feed products based on secondary raw materials of food production]: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.18.01 / Cherkasov Sergey Vladimirovich; [Mesto zashchity: FGBOU VO «Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet»]. Krasnodar, 2006. 130 s.
 5. Rodicheva, N.V. Sovershenstvovanie tekhnologiy khlebobulochnykh izdeliy s ispol-zovaniem produktov pererabotki ovoshchey [Improving the technologies of bakery products using vegetable processing products]: avtoref-erat dissertatsii ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.18.01 / Rodicheva Natalya Viktorovna; [Mesto zashchity: FGBOU VO «Moskovskiy gosudarstvennyy universitet pishchevykh proizvodstv»]. Moskva, 2012. 26 s.
 6. Vasiliev A.S. Tekhnologiya proizvodstva i otsenka kachestva pshenichnogo khleba s ovoshchnoy smesy [Production technology and quality assessment of wheat bread with vegetable mixture] // *Sostoyanie, problemy i per-spektivy razvitiya sovremennoy nauki: sbornik nauchnykh trudov natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 20-21 maya 2021 g. Bryansk* : Izd-vo Bryanskiy GAU, 2021. S. 207-212.
 7. Rajkumar H., Ganesan N.D. Effects of freeze-drying process on the production of cashew apple powder: determination of bioactive compounds and fruit powder properties // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 45. Is. 1. e15466. DOI: 10.1111/jfpp.15466
 8. Luo Z., Zhou L., Zhu Y., Zhou C. Effects of different drying methods on the physico-chemical property and edible quality of fermented *Pyracantha fortuneana* fruit powder // *International Journal of Food Science & Technology*. 2021. Vol. 56. Is. 2. P. 773-784. DOI: 10.1111/ijfs.14721
 9. Roongruangsri W., Bronlund J.E. A review of drying processes in the production of pumpkin powder // *International Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 11. Is. 6. P. 789-799. DOI: 10.1515/ijfe-2015-0168
 10. Pekhtereva N.T., Evdokimova O.V., Dogaeva L.A., Ponomareva V.E. Povyshenie pishchevoy tsennosti kash bystrogo prigotovleniya s ispolzovaniem plodoovoshchnykh poroshkov [Enhancement of instant cereals nutritional value by adding fruit-and-vegetable powder] // *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*. 2020. № 1 (60). S. 79-84.
 11. Koryachkina S.Ya., Ladnova O.L., Godunov O.A., Kholodova E.N. Primenenie ton-kodispersnykh ovoshchnykh i fruktovo-yagodnykh poroshkov pri proizvodstve pishchevykh konsentratov sladkikh blyud [The use of micronized vegetable and fruit powders in the technology of pasta] // *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*. 2015. № 2. S. 31-37.
 12. Kostylev A.A. Poluchenie monodispersnogo poroshka pri pererabotke plodov che-remukhi [The monodisperse powder receiving in the bird cherry tree fruit processing] // *Vestnik KrasGAU*. 2014. № 7 (94). S. 181-185.
 13. Zverev S.V., Zvereva N.S. Fizicheskie svoystva zerna i produktov ego pererabotki [Physical properties of grain and its processed products]. M. : De Li print, 2007. 175 s.
 14. Magomedov G.O., Perfilova O.V. Fruktovo-ovoshchnye poroshki iz vyzhimok soko-vogo proizvodstva – istochnik funktsionalnykh ingredientov v khlebopechenii [Fruit and vegetable powders from juice production pomace are a source of functional ingredients in baking] // *Khleboprodukty*. 2019. № 3. S. 60-61. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-3-60-61
 15. Karpenko E.N., Yatsushko E.S., Tyagushcheva A.A., Zima V.V. Perspektivy ispolzovaniya vtorichnykh resursov vinodelcheskikh predpriyatiy Anapo-Tamanskoj zony [Prospects for the use of secondary resources of Anapa-Taman zone's wine-making enterprises] // *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2018. № 54 (6). S. 183-191. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-6-54-183-191
 16. Pyanikova E.A., Kovaleva A.E., Ryazantseva A.S. Issledovanie vliyaniya yablochnykh vyzhimok na aktivnost khlebopekarnykh drozhzhey [Research of the influence of apple pomace on the activity of baking yeast] // *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2020. № 2. S. 65-71. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10044
 17. GOST 15052-2014 Keksy. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Muffins. General technical conditions]. – Vved. 2016-01-01. – M. : Standartinform, 2019. 7 s.
 18. GOST 32951-2014 Polufabrikaty myasnye i myasosoderzhashchie. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Meat and meat-containing semi-finished products. General technical conditions]. – Vved. 2016-01-01. – M. : Standartinform, 2015. 17 s.

Сведения об авторах

Зверев Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией технологий и техники мукомольно-крупяных производств, ВНИИЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем имени

В.М. Горбатова» РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, Россия, 127434, тел. +7(903)533-38-43, e-mail: zverevsv@yandex.ru

Алдошин Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, Россия, 127550, тел. +7 (903) 971-73-27, e-mail: naldoshin@yandex.ru

Васильев Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, ул. Маршала Василевского (Сахарово), 7, г. Тверь, Россия, 170904, тел. +7(920)199-83-57, e-mail: vasilevtgsha@mail.ru

Глухова Екатерина Владимировна, магистрант, младший научный сотрудник Научно-производственного центра «Физико-химических исследований процессов гомогенизации пищевых систем», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени К.Г. Разумовского» (Первый казачий университет), ул. Земляной Вал, д. 73, г. Москва, Россия, 109004, тел. +7(903)543-19-23, e-mail: kat.glukhova@gmail.com.

Information about authors

Zverev Sergey Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Technologies and Machinery of Flour and Cereal Production, VNIIZ - branch of the Federal State Budgetary Research Center for Food Systems named after V.M. Gorbato, RAS, Dmitrovskoe Highway, 11, 127434, Moscow, Russia, tel. +7(903)533-38-43, e-mail: zverevsv@yandex.ru

Aldoshin Nikolay Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Machinery, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya str., 49, 127550, Moscow, Russia, tel. +7(903)971-73-27, e-mail: naldoshin@yandex.ru

Vasiliev Alexander Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Processing and Storage of Agricultural Products, Tver State Agricultural Academy, Marshal Vasilevsky str. (Sakharovo), 7, 170904, Tver, Russia, tel. +7(920)199-83-57, e-mail: vasilevtgsha@mail.ru

Glukhova Ekaterina Vladimirovna, Master's student, Junior Researcher at the Research and Production Center "Physico-Chemical Studies of the Processes of Homogenization of Food Systems", K.G. Razumovsky Moscow State University (First Cossack University), Zemlyanoi Val str., 73, 109004, Moscow, Russia, tel. +7(903)543-19-23, e-mail: kat.glukhova@gmail.com.

УДК 631.3

А.В. Морозов, А.Н. Еремеев, Д.Р. Мушаранов

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ЗАКАЛКА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ШЛИЦЕВ МУФТЫ ФЛАНЦА ПРИВОДА ВОМ 150.41.275-1

Аннотация. В конструкциях современных тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин для передачи крутящего момента широкое распространение имеют подвижные прямобоочные шлицевые соединения, износ которых при работе может достигать существенных значений. Анализ характера изнашивания шлицевых соединений, показывает, что шлицевые втулки испытывают ускоренный износ по сравнению с шлицевыми валами. По большей части это объясняется отсутствием упрочняющей обработки рабочих поверхностей шлицев и, вследствие этого, недостаточно высокой их твердостью. Упрочнение рабочих поверхностей шлицев производится крайне редко, из-за затрудненного доступа к рабочим поверхностям и, в целом, высокой трудоёмкости процесса. Вследствие чего, изготовленные на замену новые шлицевые муфты поставляются без упрочнения, что в итоге сказывается на их сроке эксплуатации. Рациональным способом повышения износостойкости и долговечности шлицевых муфт и соединений в целом можно считать электромеханическую закалку рабочих поверхностей шлицев. В работе рассмотрены результаты практической реализации способа электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицев муфты фланца привода ВОМ 150.41.275-1. Для чего был изготовлен опытный образец инструмента для электромеханической закалки и скомпонована установка на базе вертикального консольно-фрезерного станка, также изготовлены экспериментальные муфты фланца привода ВОМ 150.41.275-1. В результате исследований выявлено, что после электромеханической закалки твердость рабочих поверхностей шлицев муфт увеличилась в 1,5 раза. На основании полученных результатов, с учетом вышеуказанной технологии электромеханической закалки, была предложена схема с тремя вариантами изготовления шлицевых муфт. Выполнен сравнительный анализ эффективности существующих способов и предлагаемого способа изготовления муфт фланца привода ВОМ. Муфты с упрочненной рабочей поверхностью шлицев установлены на технику и в настоящее время проходят испытания в реальных условиях эксплуатации на предприятиях Ульяновской области.

Ключевые слова: шлицевое соединение, шлицевая поверхность, электромеханическая закалка, твердость, шероховатость.

ELECTROMECHANICAL HARDENING OF THE WORKING SURFACES OF FLANGE COUPLING SPLINES OF 150.41.275-1 PTO SHAFT DRIVE

Abstract. Movable straight-sided splined joints are widely used in designs of modern tractors, automobiles and agricultural machines for transmission of the rotational moment, whereas their wear can reach significant values during operation. Analysis of the wear nature of spline joints shows that spline bushings experience accelerated wear compared to spline shafts. Basically, it stems from the lack of hardening processing of the working surfaces of the splines and, consequently, their insufficiently high hardness. Hardening of spline working surfaces is extremely rare due to the difficult access to the working surfaces and, generally, due to high labor intensity of the process. As a result, spare spline couplings are delivered without hardening, which ultimately affects their service life. Electromechanical hardening of the working surfaces of the splines can be considered a rational way to increase wear resistance and durability of spline couplings and joints as a whole. The paper considers results of practical implementation of the method of electromechanical hardening of the working surfaces of the flange coupling splines of 150.41.275-1 PTO drive. In this regard, an experimental model for electromechanical hardening was made and a unit based on a vertical bracket milling machine was assembled; experimental flange couplings of 150.41.275-1 PTO drive were also produced. As a result of the research, it was revealed that hardness of the working surfaces of the couplings splines increased in 1.5 times after electromechanical hardening. Based on the obtained results and taking into account the above technology of electromechanical hardening, a scheme was proposed with three production options of spline couplings. A comparative effectiveness analysis of the existing methods and the proposed method of production of PTO drive flange couplings was carried out. Couplings with a hardened working surface of the splines are installed on the machinery and are currently being tested in real operating conditions at the enterprises of Ulyanovsk region.

Keywords: spline joint, spline surface, electromechanical hardening, hardness, roughness.

Введение. Вопросы обеспечения работоспособности техники в целом, безотказности работы ее отдельных узлов и агрегатов имеют важное значение, не только в реалиях настоящего времени, но и были актуальны во все времена, начиная с момента появления машин и механизмов. Снижение возможных финансовых убытков, способных возникнуть по причине простоя техники вследствие ее неработоспособности, один из путей достижения экономиче-

ской стабильности предприятия. Обеспечение работоспособности техники в целом закладывает через обеспечение работоспособности ее отдельных узлов и агрегатов.

В большинстве узлов и агрегатов, применяемых для передачи крутящего момента, используют подвижные прямобочные шлицевые соединения, износ рабочих поверхностей которых может достигать 1...2 мм, в отдельных случаях до 3...4 мм по ширине шлица [1, 2, 3, 4]. В результате анализа характера изнашивания шлицевых соединений, было выявлено, что шлицевые втулки изнашиваются быстрее, чем шлицевые валы. По большей части это объясняется отсутствием упрочняющей обработки рабочих поверхностей шлицев и, вследствие этого, недостаточно высокой их твердостью. Упрочнение рабочих поверхностей шлицев производится крайне редко, из-за затрудненного доступа к рабочим поверхностям и, в целом, высокой трудоёмкости процесса. Вследствие чего, изготовленные на замену новые шлицевые муфты поставляются без упрочнения, что в итоге сказывается на их сроке эксплуатации.

На примере муфты фланца опоры промежуточной ВОМ 150.41.275-1 было установлено, что одной из основных причин преждевременного выхода из строя редуктора ВОМ трактора ХТЗ-150К-09-25 является износ шлицевого соединения «ведущий вал-муфта», а именно износ, проявляющийся в виде выработки шлицевой поверхности данной муфты (рисунок 1).

Муфта представляет собой круглый металлический фланец с крепежными отверстиями по краю корпуса и шлицами внутри. Устанавливается на ведущий вал редуктора ВОМ (вал отбора мощности). Применяется на серийных моделях тракторов, выпускаемых заводом изготовителем ХТЗ, а именно: Т-151, Т-150Г, Т-156Б-09-03, Т-17221-06, ХТЗ-181, ХТЗ-150К-09-25, Т-12, Т-121.

Анализ характера износа боковой поверхности шлицев показывает, что при небольших продольных перемещениях при работе шлицевого соединения изнашивается та сторона шлица, на которую воздействует крутящий момент при работе редуктора. Этот износ, учитывая характер работы узла, как правило, односторонний, проявляется в виде небольшой выработки на боковой поверхности шлица. В дальнейшем, при увеличении износа, зазор между шлицами увеличивается и все это приводит к возникновению ударных нагрузок на боковую поверхность шлицев при пуске редуктора, что способствует ускорению износа рабочих поверхностей шлицев.



Рис. 1 – Износ боковых поверхностей на фрагментах муфты фланца ВОМ 150.41.275-1

В настоящее время по существующей технологии работоспособность шлицевого соединения редуктора привода ВОМ восстанавливают заменой муфты на новую деталь.

По технологии при изготовлении новой муфты ее подвергают объёмной закалке с последующим высоким отпуском (улучшение) до твердости 35...38 HRC, после чего проводят окончательную механическую обработку. Муфта фланца имеет восемь прямобочных шлицев, материал муфты – среднеуглеродистая сталь 45. Чаще всего для уменьшения стоимости

изготовления муфты рабочие поверхности шлицев не упрочняют, и их твёрдость составляет 18...21 HRC, что отрицательно сказывается на сроке ее службы.

Основная часть. На основании ранее проведённых исследований [5-11] выявлено, что для повышения срока службы шлицевой муфты и всего шлицевого соединения можно использовать электромеханическую закалку (ЭМЗ) рабочих поверхностей шлицев.

Сущность способа электромеханической закалки боковой поверхности шлицев заключается в следующем: в шлицевую часть устанавливается оправка с бронзовым инструментом (рисунок 2), на поверхности которого имеются упрочняющие элементы, соответствующие количеству шлицев упрочняемой муфты. Для обеспечения надежного контакта упрочняемой боковой поверхности шлицев и упрочняющих элементов инструмента и исключения электрической эрозии, производят их поджатие друг к другу поворотом оправки с определённым усилием.

На муфту и шлицевый бронзовый инструмент подается технологический ток плотностью $j=150...180 \text{ А/мм}^2$ через токопроводящие шины от источника питания (силового модуля), при этом производится продольное перемещение инструмента вдоль оси муфты от одного края шлица до другого. После чего отключают технологический ток, поворотом оправки прижимают упрочняющие элементы к противоположной боковой поверхности шлицев муфты. Включают подачу технологического тока той же плотности и перемещают оправку вдоль оси муфты в исходное положение, по достижению которого подача технологического тока прекращается.

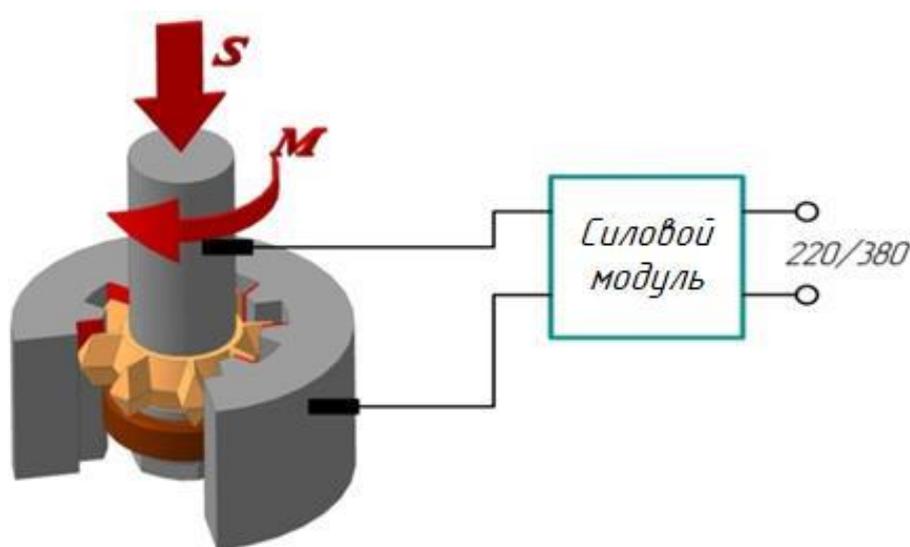


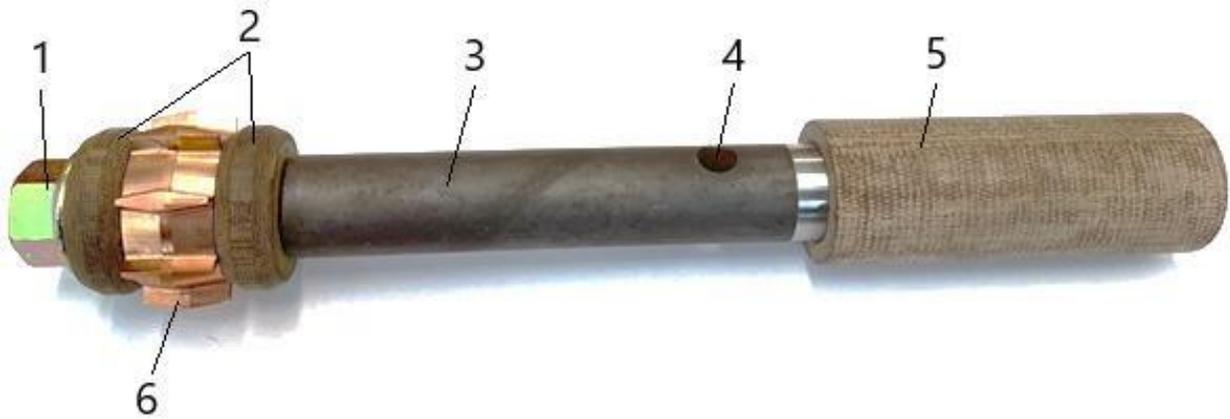
Рис. 2 – Схема процесса электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевой муфты

Для обеспечения центрирования оправки 3 внутри шлицевой муфты при перемещении используют токоизолирующие втулки 2, расположенной в нижней части оправки (рисунок 3). Для этого диаметры токоизолирующих втулок выполнены равными внутреннему диаметру шлицевой муфты.

Были изготовлены новые муфты ВМ 150.41.275-1 в количестве 6 штук, создан опытный образец инструмента для электромеханической закалки (рисунок 3) и скомпонована установка на базе вертикального консольно-фрезерного станка модели 6В11 (рисунок 4).

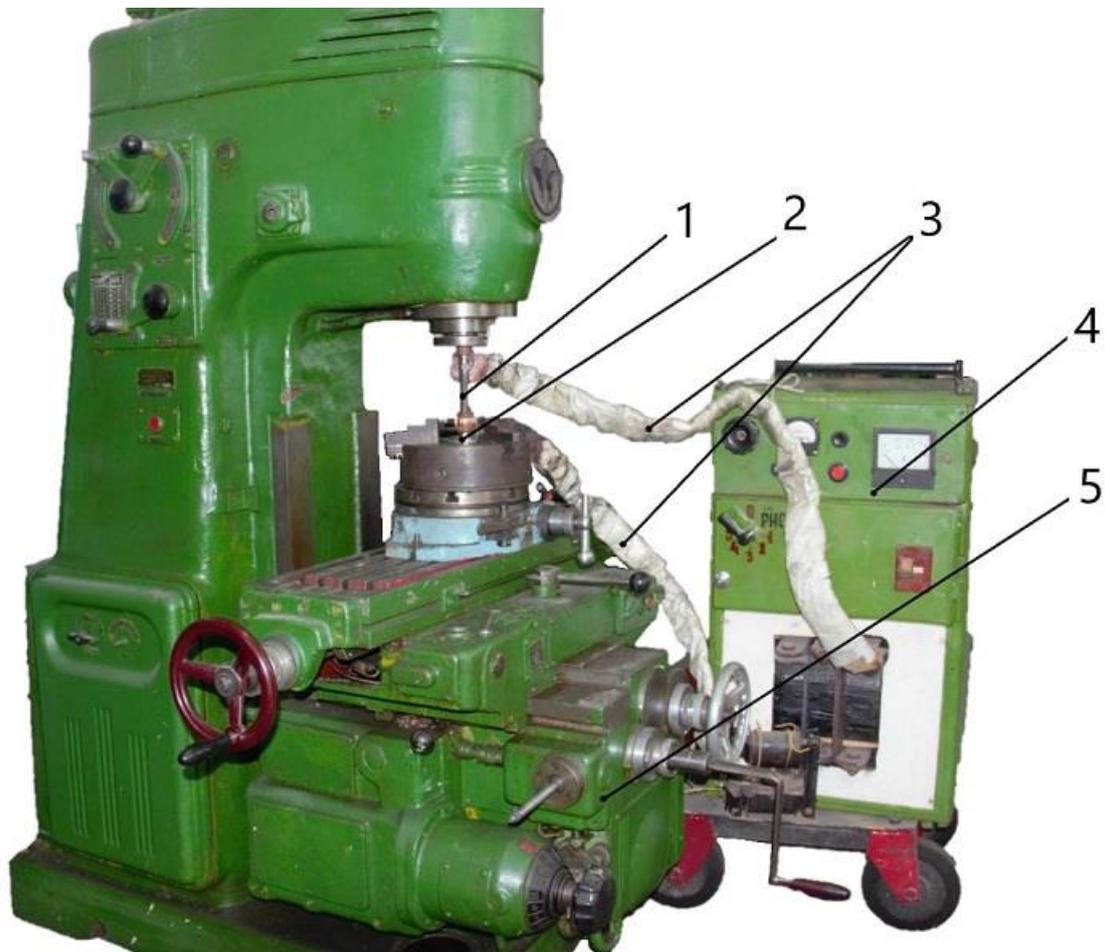
Фиксация инструмента 1 (рисунок 4) в шпинделе вертикального консольно-фрезерного станка 5 осуществлялась через токоизолирующую втулку, изготовленные шлицевые муфты 2 закреплялись в трёхкулачковом самоцентрирующемся патроне, закрепленном на столе станка. Подача технологического тока от источника питания 4 на инструмент 1 и шлицевую муфту производилась через токопроводящие шины 3.

На рисунке 5 представлен процесс электромеханической закалки рабочих поверхностей экспериментальной муфты ВМ 150.41.275-1. Участки оранжевого цвета характеризуют зоны термического воздействия на рабочие поверхности шлицев муфты.



1 – гайка, 2 – направляющие токоизолирующие втулки, 3 – оправка, 4 – отверстие для крепления токопроводящей шины, 5 – токоизолирующая втулка, 6 – упрочняющие элементы

Рис. 3 – Инструмент для электромеханической заделки рабочих поверхностей шлицевой муфты (патент RU2572677C1)



1 – инструмент для ЭМЗ; 2 – экспериментальная шлицевая муфта; 3 – токопроводящие шины; 4 – источник питания; 5 – вертикальный консольно-фрезерный станок 6В11

Рис. 4 – Экспериментальная установка для ЭМЗ рабочих поверхностей шлицев муфты

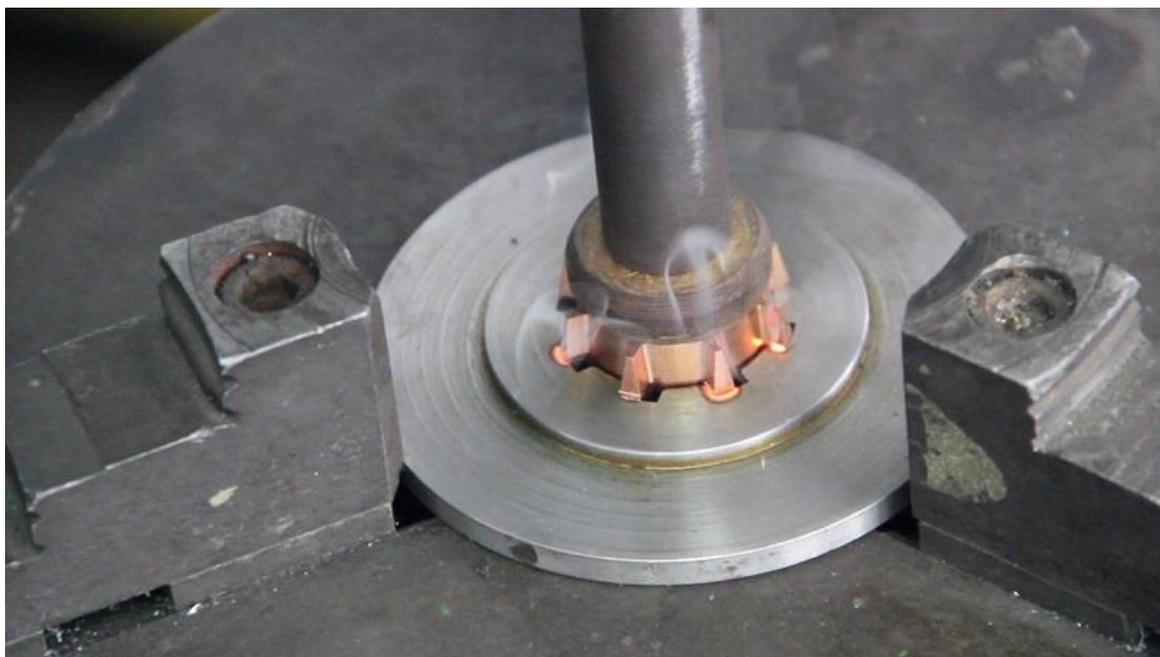


Рис. 5 – Процесс электромеханической заковки рабочих поверхностей экспериментальной муфты фланца ВОР 150.41.275-1 при $I=4300$ А; $v=100$ мм/мин

Результаты исследования и их обсуждение. В результате исследований было выявлено, что после электромеханической заковки твердость рабочих поверхностей шлицев (рисунок 6) муфты увеличилась с 18 HRC до 56 ...58 HRC, шероховатость рабочих поверхностей шлицев муфты практически не изменилась, по сравнению с первоначальной, и составила $Ra=1,65...1,78$ мкм.



Рис. 6 – Муфта фланца привода ВОР 150.41.275-1 с характерно выраженными зонами термического воздействия

На основании полученных результатов была предложена схема с тремя вариантами изготовления шлицевых муфт (рисунок 7), учитывающая применение технологии электромеханической заковки. Как уже было сказано выше, в заводских условиях изготавливают шлицевые муфты, как с упрочнением, так и без упрочнения рабочих поверхностей. Технология изготовления шлицевых муфт в заводских условиях с упрочнением (рисунок 7, I вариант) имеет свои недостатки, а именно: значительную трудоемкость, небольшую глубину упрочнения и меньшую твердость, по сравнению с предлагаемой технологией электромеханической заковки. Для шлицевых муфт, изготовленных в заводских условиях без упрочнения рабочих поверхностей шлицев (рисунок 7, II вариант), можно применять технологию электромеханической заковки рабочих поверхностей, перед установкой их в узел. Предлага-

емая технология (рисунок 7, III вариант) хорошо сочетается в условиях как малых, так и крупных ремонтных мастерских.

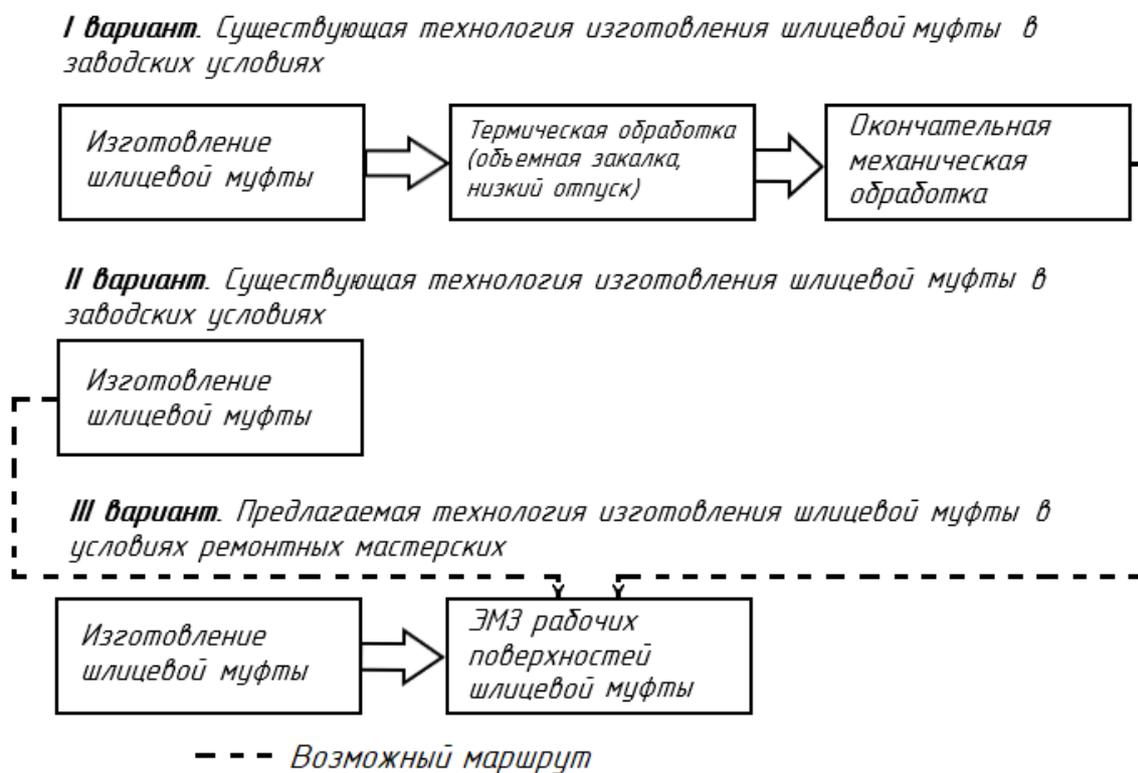


Рис. 7 – Схема вариантов изготовления шлицевых муфт

Полученные после исследования характеристики муфт, изготовленных и упрочненных по разным технологиям, сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики шлицевых муфт

Наименование параметра	I вариант	II вариант	III вариант
Твердость, HRC	35...38	18...21	56...58 на глубину 0,4 мм
Шероховатость Ra, мкм	1,41...1,55	1,75...1,84	1,55...1,68
Трудоемкость изготовления, чел. час	6,2	4,3	5,1
Стоимость, руб.	1845	940	1050

Выводы. Таким образом, анализ полученных характеристик шлицевых муфт, изготовленных и упрочненных по разным технологиям, показывает, что применение предлагаемой технологии позволит повысить твердость и износостойкость рабочей поверхности шлицев [6]. Упрочненные по предлагаемой технологии муфты фланца опоры промежуточной ВОМ 150.41.275-1 установлены на технику и в настоящее время проходят испытания в реальных условиях эксплуатации на предприятиях Ульяновской области.

Библиография

1. Технология ремонта машин: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 110304 "Технология обслуживания и ремонта машин в АПК" / [Е. А. Пучин и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – Москва : КолосС, 2007. 487 с.
2. Надежность и ремонт машин: Учеб. для студентов вузов по агроинженер. специальностям / [В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; Под ред. В.В. Курчаткина. – Москва : Колос, 2000. – 775 с.
3. Технология ремонта машин: учебник / В. М. Корнеев [и др.]; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – Москва : РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019 – 267 с.

4. Чеботарёв, М.И. Технология ремонта машин: учебное пособие / М.И. Чеботарёв, И.В. Масиенко, Е.А. Шапиро; под редакцией М. И. Чеботарёва. – Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 352 с.
5. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой / Б.М. Аскинази. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989. 197 с.
6. Морозов, А.В. Результаты стендовых испытаний на износостойкость прямобочных подвижных шлицевых соединений после упрочнения электромеханической закалкой / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов, Д.Р. Мушарапов // Вестник Ульяновской ГСХА, № 2 (46), 2019. С. 19-23.
7. A. Morozov, G. Fedotov, L. Fedorova, D. Musharapov, L. Khabieva. The providing durability of the movable square-sided spline joints by electromechanical treatment of the working surfaces. Matec web of conferences. The proceedings International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science. (2019). С. 00117.
8. Морозов, А.В. Повышение износостойкости подвижных прямобочных шлицевых соединений электромеханической обработкой / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов, Д.Р. Мушарапов, Н.И. Шамуков, А.Ю. Горшков // Упрочняющие технологии и покрытия, Т. 16. № 1 (181), 2020. С. 14-18.
9. Патент RU № 2572677. Инструмент для электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевых втулок / А.В. Морозов, Н.Н. Горев, Д.Р. Мушарапов. Оpubл. 20.01.2016 г. Бюл. № 2.
10. Патент RU № 2620533. Инструмент для электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевых втулок. А.В. Морозов, Д.Р. Мушарапов, Е.А. Токмаков. Оpubл. 26.05.2017 г. Бюл. № 15.
11. Патент RU № 167359. Инструмент для электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевых втулок. А.В. Морозов, Д.Р. Мушарапов, Е.А. Токмаков. Оpubл. 10.01.2017 г. Бюл. № 1.

References

1. Tekhnologiya remonta mashin: uchebnik dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchayushchihnya po special'nosti 110304 "Tekhnologiya obsluzhivaniya i remonta mashin v APK" [Machine repair technology: textbook for students of higher educational institutions studying in the specialty 110304 "Technology of maintenance and repair of machines in the agro-industrial complex"] / [E.A. Puchin et al.]; edited by E. A. Puchin. – Moscow : KolosS, 2007. 487 p.
2. Nadezhnost' i remont mashin: Ucheb. dlya studentov vuzov po agroinzhener. special'nostyam / [V.V. Kurchatkin, N.F. Tel'nov, K.A. Achkasov [i dr.]; Pod red. V.V. Kurchatkina [Reliability and repair of machines: Studies for university students in agroengineering specialties] / [V.V. Kurchatkin, N.F. Telnov, K.A. Achkasov [et al.]; Edited by V.V. Kurchatkin. – Moscow : Kolos, 2000. – 775 p.
3. Tekhnologiya remonta mashin: uchebnik [Technology of repair of machines: textbook] / V.M. Korneev [et al.]; Russian State Agrarian University - Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev (Moscow). – Moscow : RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev, 2019 – 267 p.
4. Chebotarev, M.I. [Tekhnologiya remonta mashin: uchebnoe posobie] Machine repair technology: textbook / M.I. Chebotarev, I.V. Masienko, E.A. Shapiro; edited by M.I. Chebotarev. – Moscow, Vologda: Infra-Engineering, 2020. – 352 p.
5. Askinazi B.M. Uprochnenie i vosstanovlenie detalej mashin elektromekhanicheskoy obrabotkoy [Hardening and restoration of machine parts by electromechanical processing] / B.M. Askinazi. – 3rd ed., reprint. and additional – M. : Mechanical Engineering, 1989. 197 p.
6. Morozov, A.V. Rezultaty stendovykh ispytaniy na iznosostojkost' pryamobochnykh podviznykh shlicevykh soedinenij posle uprochneniya elektromekhanicheskoy zakalkoy [Results of bench tests for wear resistance of straight-rolling movable splined joints after hardening by electromechanical hardening] / A.V. Morozov, G.D. Fedotov, D.R. Musharapov // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy, No. 2 (46), 2019. pp. 19-23.
7. A. Morozov, G. Fedotov, L. Fedorova, D. Musharapov, L. Khabieva. The providing durability of the movable square-sided spline joints by electromechanical treatment of the working surfaces. Matec web of conferences. The proceedings International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science. (2019). С. 00117.
8. Morozov, A.V. Povyshenie iznosostojkosti podviznykh pryamobochnykh shlicevykh soedinenij elektromekhanicheskoy obrabotkoy [Increasing the wear resistance of movable straight-wire splined joints by electro-mechanical processing] / A.V. Morozov, G.D. Fedotov, D.R. Musharapov, N.I. Shamukov, A.Yu. Gorshkov // Hardening technologies and coatings, Vol. 16. № 1 (181), 2020. Pp. 14-18.
9. Патент RU № 2572677. Инструмент для электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевых втулок [Patent RU No. 2572677. Tool for electromechanical hardening of working surfaces of spline bushings] / A.V. Morozov, N.N. Gorev, D.R. Musharapov. Publ. 20.01.2016 Byul. No. 2.
10. Патент RU № 2620533. Инструмент для электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевых втулок. [Patent RU No. 2620533. A tool for electromechanical hardening of the working surfaces of spline bushings.] A.V. Morozov, D.R. Musharapov, E.A. Tokmakov. Publ. 26.05.2017, Byul. No. 15.
11. Патент RU № 167359. Инструмент для электромеханической закалки рабочих поверхностей шлицевых втулок [Patent RU No. 167359. A tool for electromechanical hardening of the working surfaces of spline bushings.] A.V. Morozov, D.R. Musharapov, E.A. Tokmakov. Publ. 10.01.2017, Byul. No. 1.

Сведения об авторах

Морозов Александр Викторович, доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой «Технология производства и ремонт машин», ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, бульвар Новый Венец, 1, г. Ульяновск, Ульяновская область, Россия, 432017, тел. +7-8422-559597, e-mail: alvi.mor@mail.ru

Еремеев Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология производства и ремонт машин», ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, бульвар Новый Венец, 1, г. Ульяновск, Ульяновская область, Россия, 432017, тел. +7-8422-559582, e-mail: erem.an@mail.ru

Мушарапов Дамир Рузалевиич, аспирант 3-го года обучения, ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, бульвар Новый Венец, 1, г. Ульяновск, Ульяновская область, Россия, 432017, тел. +7-927-2729061, e-mail: damir1993233@rambler.ru

Information about authors

Morozov Alexander V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technology of Production and Repair of Machines", Ulyanovsk State Agricultural University, Novy Venets Boulevard, 1, Ulyanovsk, Ulyanovsk region, Russia, 432017, tel. +7-8422-559597, e-mail: alvi.mor@mail.ru

Eremeev Anatoly N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Technology of Production and Repair of Machines", Ulyanovsk State Agricultural University, Novy Venets Boulevard, 1, Ulyanovsk, Ulyanovsk Region, Russia, 432017, tel. +7-8422-559582, e-mail: erem.an@mail.ru

Musharapov Damir Ruzalevich, PhD student of the 3rd year of study, Ulyanovsk State Agricultural University, Novy Venets Boulevard, 1, Ulyanovsk, Ulyanovsk region, Russia, 432017, tel. +7-927-2729061, e-mail: damir1993233@rambler.ru

УДК 621.825.63:62-1/-9

А.Г. Пастухов

ОЦЕНКА ПРИМЕНЯЕМОСТИ КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ В МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ, ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Аннотация. Работоспособность энергетических, транспортных и технологических машин базируется на их основном свойстве – надежности. Для рассматриваемых машин наименьшей надежностью обладают агрегаты механических трансмиссий, имеющие невысокие долговечность и безотказность, недостаточную ремонтпригодность, обладающие высоким КПД. Наиболее нагруженным агрегатом, лимитирующим долговечность трансмиссий является карданная передача, которая имеет значительное число вариантов конструктивного исполнения. Основными элементами карданной передачи являются: карданные шарниры неравных угловых скоростей на игольчатых подшипниках, тело передачи в виде трубы различной длины, шлицевые соединения, промежуточные подшипниковые опоры, фланцы для соединения с агрегатами трансмиссии. Главными параметрами конструкции являются типоразмер карданных шарниров и длина карданной передачи в сборе. Эксплуатационные параметры передачи представлены нагруженностью крутящим моментом при переменной частоте вращения и динамическом угле излома в шарнирах. На основании технических данных по тракторам, автомобилям и сельскохозяйственным машинам с учетом значений типоразмеров и длин для карданных передач, установленных в машинах, выполнен анализ их применяемости в трансмиссиях в виде графических моделей, построенных по частотам. Выборочный анализ графических моделей по типоразмеру показал, что карданные передачи с шарнирами II, III и IV типоразмеров одинаково представлены в трансмиссиях автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин, а типоразмеры V, VI и VII получили наибольшее распространение в автомобилях. Сопоставительный анализ графической модели по длине показал, что карданные передачи длиной 600...1000 мм равнозначно представлены в трансмиссиях автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин, а валы длиной более 1000 мм нашли наибольшее распространение в автомобилях. Таким образом, установлен перечень карданных передач - объектов для отработки на надежность при проектировании энергетических, транспортных и технологических машин.

Ключевые слова: применяемость, карданная передача, трансмиссия, трактор, автомобиль, сельскохозяйственная машина.

EVALUATION OF APPLICABILITY OF DRIVE SHAFTS IN MECHANICAL TRANSMISSIONS OF POWER, TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

Abstract. The operability of power, transport and technological machines is based on their main property - reliability. For the machines under consideration, mechanical transmission units with low durability and reliability, insufficient repairability, and high efficiency have the least reliability. The most loaded unit that limits the durability of transmissions is a cardan transmission, which has a significant number of design options. The main elements of the cardan transmission are: cardan hinges of unequal angular speeds on needle bearings, a transmission body in the form of a pipe of various lengths, splined joints, intermediate bearing supports, flanges for connection to transmission units. The main parameters of the design are the type of gimbal joints and the length of the gimbal gear assembly. Transmission performance parameters are represented by torque loading at variable rotation speed and dynamic fracture angle in hinges. Based on technical data on tractors, cars and agricultural machines, taking into account the values of standard sizes and lengths for cardan transmissions installed in the machines, an analysis of their applicability in transmissions in the form of graphic models built on frequencies was made. A sample analysis of graphic models by size showed that gearboxes with hinges of II, III and IV types are equally represented in transmissions of cars, tractors and agricultural machines, and types of V, VI and VII were most widely used in cars. A comparative analysis of the graphic model by length showed that gearboxes with a length of 600...1000 mm are equally represented in the transmissions of cars, tractors and agricultural machines, and shafts with a length of more than 1000 mm have found the greatest distribution in cars. Thus, a list of cardan transmissions is established - facilities for testing for reliability in the design of power, transport and technological machines.

Keywords: applicability, drive shaft, transmission, tractor, car, agricultural machine.

Постановка проблемы. Анализ основных положений стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения на период до 2030 года, показывает необходимость производства и предоставления сельскохозяйственным предприятиям все большего числа энергетических, транспортных и технологических машин [1].

Обзор аналитических материалов на последние 20 лет показывает, что снижение количественного парка (тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин) составило более чем в 6 раз, что обуславливает низкий уровень энерговооруженности и энергонасыщенности предприятий АПК, а также вскрывает причины задержки формирования инновационного машинно-тракторного парка на перспективу [2]. Однако количественное наличие машинно-тракторного парка недостаточно для реализации федеральных программ развития сельского хозяйства, необходимо наличие высокопроизводительной надежной техники [3].

Повышение надежности агрегатов механических трансмиссий энергетических, транспортных и технологических машин при их конструировании и эксплуатации ведется по направлениям, среди которых обеспечение нормальных и создание оптимальных условий и температурных режимов работы деталей, соединений и агрегатов, обеспечение необходимой жесткости валов механических передач и устойчивости их к вибрациям, динамическая балансировка карданных передач и другие мероприятия [4, 5].

Анализ потенциальных способностей исследуемого агрегата свидетельствует о том, что карданная передача, имея определенную массу, момент инерции, структуру кинематики шарниров, переменный характер нагруженности моментом, подвижность шлицевого соединения и несоосность отдельных элементов, вызванную зазорами в них и допусками при сборке, представляет собой достаточно мощный источник возмущения крутильных и изгибных колебаний, ощущаемых как вибрации и воздействующих на собственные узлы и связанные с ней механизмы машин, что приводит к нарушению условий и режимов их работы и способствует появлению отказов деталей и их соединений [6-9].

Следует выдвинуть гипотезу о том, что длина валов карданных передач, частота вращения, передаваемый крутящий момент и параметры долговечности имеют определенную взаимосвязь. Таким образом, теоретические исследования применимости карданных передач в автотракторной технике и сельскохозяйственных машинах с учетом длин валов и типоразмеров карданных шарниров являются актуальными.

Анализ исследований и публикаций. В основу системной обобщенной оценки работоспособности агрегатов механических приводов сельскохозяйственных машин положен метод анализа явлений путем изучения причинно-следственных связей [10]. В этой связи детали и сборочные единицы, применяемые в механических трансмиссиях энергетических, транспортных и технологических машин, классифицируют в зависимости от их геометрических размеров, а применительно к карданным передачам можно добавить и крутящий момент, характеризуемый типоразмером, с учетом применимости карданных передач в различных моделях тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин [4-9].

В соответствии с ОСТ 37.001.053-74 для сельскохозяйственных машин и тракторов допустимой является длина, при которой максимальная частота вращения карданной передачи, соответствующая максимальной скорости движения машины, не превышает 70% расчетной критической частоты вращения вала передачи. Напротив, в соответствии с ГОСТ 52430-2005 и ГОСТ 33669-2015 для автомобилей допустимая длина карданной передачи определяется из условия превышения максимальной частоты вращения передачи в 1,4 раза более частоты вращения вала передачи, соответствующей максимальной скорости машины.

Одним из основных параметров карданных передач является длина L_K вала между центрами шипов крестовин карданных шарниров, установленных на концах. Допустимую длину L_{Kmax} вала передачи определяют исходя из критической частоты вращения n_{Kp} последнего на основании формул:

$$n_{Kp} = 1,185 \cdot 10^7 \cdot \sqrt{D^2 + d^2} \cdot \frac{1}{L_K^2},$$

$$L_{Kmax} = \sqrt{0,83 \cdot 10^7 \cdot \sqrt{D^2 + d^2} \cdot \frac{1}{n_{Kmax}}},$$

где D , d – наружный и внутренний диаметры карданного вала, см; n_{Kmax} – максимальная частота вращения карданного вала.

Вопросы распределения длин и диаметров валов механических передач машин, работающих в сельском хозяйстве рассмотрены в работе Воловика Е.Л. [11], где систематизированы данные по тракторам, автомобилям и сельскохозяйственным машинам, а также по всем видам техники и выявлена частота применения валов определенного диаметра и длины. Откуда можно сделать вывод о том, что наибольшее распространение получили валы диаметром 30...45 мм и длиной 300...400 мм. Следовательно, применяя описанный Воловиком Е.Л. подход можно установить статистические характеристики применимости карданных передач в механических трансмиссиях энергетических, транспортных и технологических машин в зависимости от типоразмера (крутящего момента) и длины вала.

Цель и задачи исследования – выявление распределения карданных передач по применимости в тракторах, автомобилях и сельскохозяйственных машинах в зависимости от длин валов и передаваемого крутящего момента.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) обобщить данные по использованию карданных передач в тракторах, автомобилях и сельскохозяйственных машинах на основании данных производителей;
- 2) ранжировать данные по длине карданных передач и типоразмеру шарниров;
- 3) выявить наиболее распространенные типоразмеры карданных шарниров и длину карданных передач применительно к видам техники.

Материал исследований. В качестве исходных принимаем данные технической библиотеки рубрика «Почти все о карданных валах» Гродненского завода карданных валов Республики Беларусь (www.grokard.grodno.by).

В соответствии с методикой, апробированной Воловиком Е.Л., составим таблицы количества карданных передач, применяемых в автомобилях, тракторах (пример см. рисунок 1) и сельскохозяйственных машинах в зависимости от определенного типоразмера карданных шарниров (от II до VII по диаметру шипа и номеру подшипника) и длин валов (до 600, 800, 1000, 1200, 1400 и более 1400 мм). Пример таблицы с данными, характеризующими применимость карданных передач с шарнирами II типоразмера и длиной валов до 600 мм (диаметр шипа 16,3 мм, подшипник № 704902К4), представлен в таблице 1.

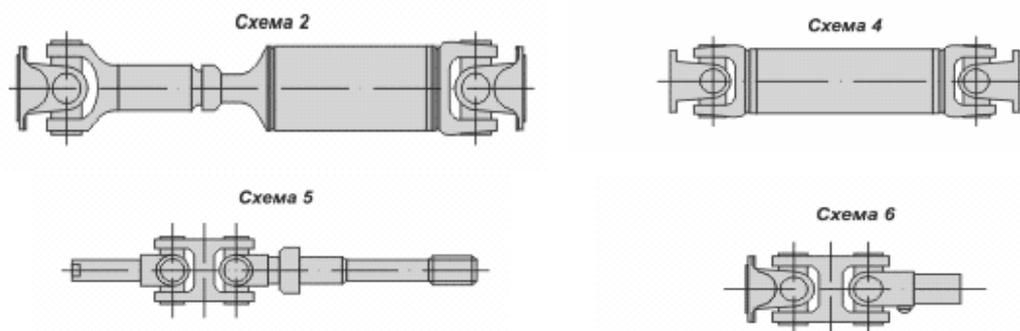


Рис. 1 – Схемы карданных передач длиной до 600 мм с шарнирами II типоразмера, применяемые в тракторах

Окончательно результаты систематизирования по видам техники, длинам карданных передач и диапазонам их длин сводим в таблицу 2.

Для придания наглядности полученным результатам представим двумерные графические модели зависимостей количества карданных передач, применяемых в технике, от типоразмера шарниров (рисунок 2) и длин валов (рисунок 3).

Переходя от количественных значений к частотам, получаем следующие графические модели применимости карданных передач по видам техники в зависимости от типоразмеров шарниров (рисунок 4) и длин валов передач (рисунок 5).

Таблица 1 – Распределение карданных передач длиной до 600 мм II типоразмера шарниров, применяемых в тракторах ¹

Обозначение	Применяемость	L _{min} по фланцам/ max ход, мм	Присоединительные размеры фланца, мм	Масса, кг	Примечание (рисунок 1)
1	2	3	4	5	6
220-2304030	Передача карданная для трактора МТЗ-220	583	Шлицы m=1,5, z=15 D=24,7 мм, d=21,7 мм	3,64	схема 5
220-2304030-01	Передача карданная для трактора МТЗ-220	483	Шлицы m=1,5, z=15 D=24,7 мм, d=21,7 мм	3,44	схема 5
20-2201000	Передача карданная от КПП на ВОМ трактора К-20	470/35	4 отв.×d=8,1 мм на D ₀ =80 мм, D=47,595 мм, d=21,7 мм, h=4,5 мм	5,05	схема 2
20-2201000-20	Передача карданная для тракторов К-20	505/35	4 отв.×d=8,1 мм на D ₀ =80 мм, D=47,595 мм, d=21,7 мм, h=4,5 мм	5,18	схема 2
20-2201000-30	Передача карданная для тракторов К-20	560/35	4 отв.×d=8,1 мм на D ₀ =80 мм, D=47,595 мм, d=21,7 мм, h=4,5 мм	5,35	схема 2
20-2303000-02	Передача карданная привода колёс трактора К-20	203	4 отв.×d=8,1 мм на D ₀ =80 мм, D=47,595 мм, h=4,5 мм, шлицы D10x25x30	2,9	схема 6
702.22.09.000-02	Передача карданная для тракторов К-702	252	4 отв.×d=8,1 мм на D ₀ =80 мм, d=7,595 мм, h=4,5 мм	4,3	схема 4
2765015-2209000	Передача карданная для тракторов К-701, К-702	232	4 отв.×d=8,1 мм на D ₀ =80 мм, d=7,595 мм, h=4,5 мм	4,3	схема 4
20-2201000	Передача карданная от КПП на ВОМ трактора К-20	470/35	4 отв.×d=8,1 мм на D ₀ =80 мм, D=47,595 мм, d=21,7 мм, h=4,5 мм	5,05	схема 2

¹ - Карданные передачи типоразмера II - применяемые крестовины с подшипниками в сборе 412-2201025, 2121-2201025-20 (размер по торцам подшипников 83,05 мм, наружный диаметр подшипника 28 мм, масса 0,43 кг, номинальный крутящий момент 1000 Нм)

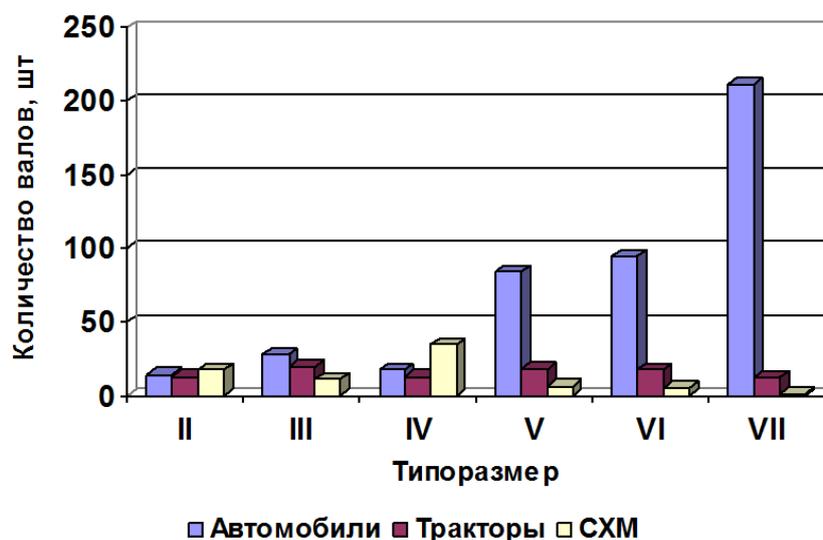


Рис. 2 – Распределение карданных валов по типоразмеру шарниров

Таблица 2 – Классификатор карданных передач по видам техники, длине и типоразмерам

Длина, мм	Типоразмер												Итого
	II		III		IV		V		VI		VII		
До 600	Автомоб.	7	Автомоб.	5	Автомоб.	0	Автомоб.	6	Автомоб.	17	Автомоб.	40	75
	Трактор	10	Трактор	9	Трактор	2	Трактор	5	Трактор	13	Трактор	2	41
	СХМ	6	СХМ	5	СХМ	12	СХМ	6	СХМ	3	СХМ	0	32
	Всего	23	Всего	19	Всего	14	Всего	17	Всего	33	Всего	42	148
600-800	Автомоб.	0	Автомоб.	7	Автомоб.	1	Автомоб.	27	Автомоб.	27	Автомоб.	34	94
	Трактор	1	Трактор	4	Трактор	0	Трактор	2	Трактор	0	Трактор	1	8
	СХМ	10	СХМ	2	СХМ	18	СХМ	0	СХМ	1	СХМ	0	31
	Всего	11	Всего	13	Всего	19	Всего	29	Всего	28	Всего	35	135
800-1000	Автомоб.	1	Автомоб.	2	Автомоб.	0	Автомоб.	8	Автомоб.	9	Автомоб.	16	36
	Трактор	1	Трактор	3	Трактор	5	Трактор	2	Трактор	2	Трактор	1	14
	СХМ	1	СХМ	2	СХМ	3	СХМ	0	СХМ	0	СХМ	0	5
	Всего	3	Всего	7	Всего	8	Всего	10	Всего	11	Всего	17	56
1000-1200	Автомоб.	0	Автомоб.	5	Автомоб.	3	Автомоб.	13	Автомоб.	16	Автомоб.	14	51
	Трактор	1	Трактор	3	Трактор	6	Трактор	7	Трактор	0	Трактор	6	23
	СХМ	0	СХМ	0	СХМ	1	СХМ	0	СХМ	0	СХМ	1	2
	Всего	1	Всего	8	Всего	10	Всего	20	Всего	16	Всего	21	76
1200-1400	Автомоб.	4	Автомоб.	1	Автомоб.	1	Автомоб.	3	Автомоб.	8	Автомоб.	32	49
	Трактор	0	Трактор	0	Трактор	0	Трактор	0	Трактор	0	Трактор	1	1
	СХМ	0	СХМ	1	СХМ	0	СХМ	0	СХМ	1	СХМ	0	2
	Всего	4	Всего	2	Всего	1	Всего	3	Всего	9	Всего	33	52
Более 1400	Автомоб.	2	Автомоб.	8	Автомоб.	12	Автомоб.	27	Автомоб.	17	Автомоб.	75	141
	Трактор	0	Трактор	0	Трактор	0	Трактор	2	Трактор	2	Трактор	1	5
	СХМ	0	СХМ	1	СХМ	0	СХМ	0	СХМ	0	СХМ	0	1
	Всего	2	Всего	9	Всего	12	Всего	29	Всего	19	Всего	76	147
Итого	44		58		64		108		116		224		614
в т.ч. Авт.	14		28		17		84		94		211		442
в т.ч. Трак.	13		19		13		18		17		12		92
в т.ч. СХМ	17		11		34		6		5		1		74

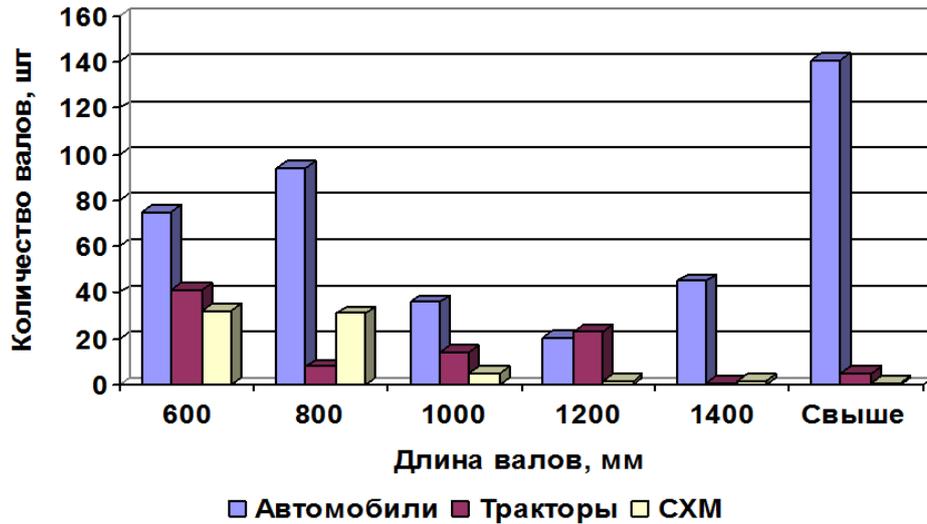


Рис. 3 – Распределение карданных передач по диапазонам длин

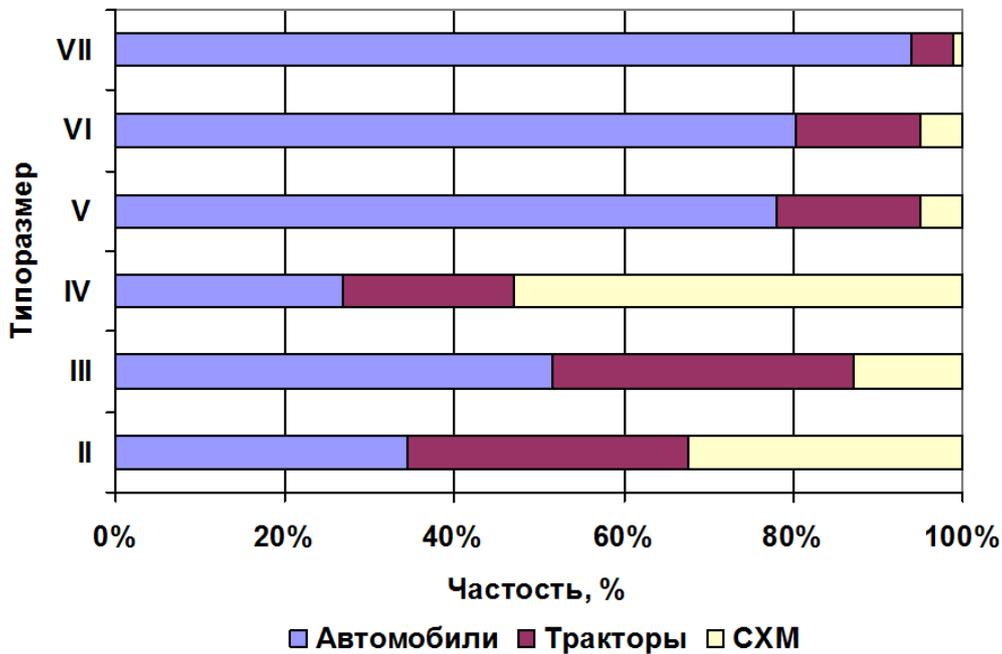


Рис. 4 – Распределение карданных передач по видам техники в зависимости от типоразмера шарниров

Выборочный анализ графической модели, представленной на рисунке 2, показывает, что карданные передачи с шарнирами II, III и IV типоразмеров примерно одинаково представлены в трансмиссиях автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин, а типоразмеры V, VI и VII наибольшее распространение находят в автомобилях.

Сопоставительный анализ графической модели, приведенной на рисунке 3, показывает, что карданные передачи длиной 600...1000 мм соизмеримо представлены в трансмиссиях автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин, а передачи длиной более 1000 мм наиболее часто представлены в автомобилях.

Анализ графической информации (в процентах) по применимости в различных видах энергетических, транспортных и технологических машин карданных передач в зависимости от типоразмера шарниров (рисунок 4) и длины валов (рисунок 5), подтверждает выявленные выше тенденции.

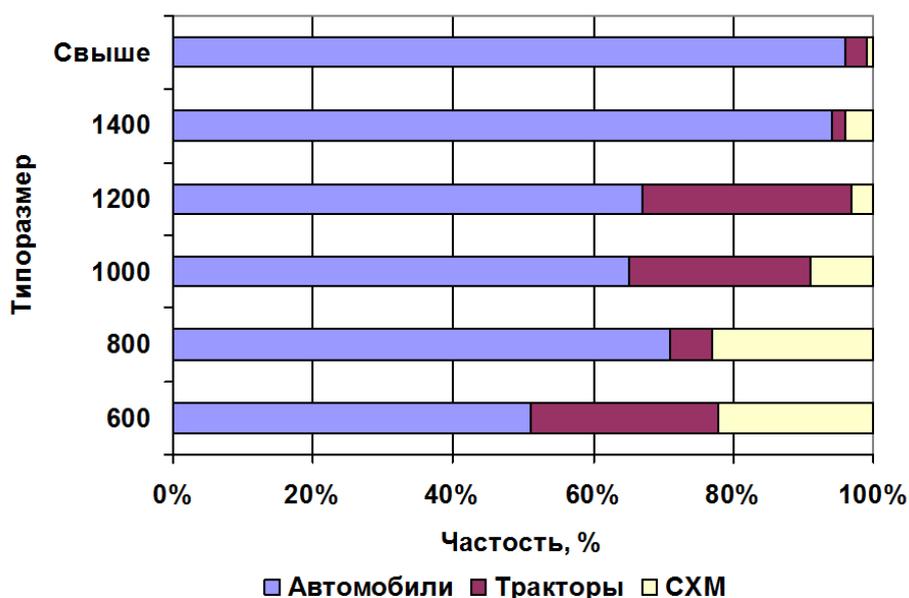


Рис. 5 – Распределение карданных передач по видам техники в зависимости от длины валов

Выводы и перспективы исследований. На основании обобщения вышеизложенного можно резюмировать следующие выводы:

1) распространение карданных передач, включающих в конструкции шарниры неравных угловых скоростей на игольчатых подшипниках II, III и IV типоразмеров и имеющих длину валов 600...1000 мм, в механических трансмиссиях энергетических, транспортных и технологических машин обуславливает значимость и важность научно-исследовательских опытно-конструкторских работ в направлении повышения их работоспособности;

2) представленные графические интерпретации фактической распространенности и применимости карданных передач по видам техники позволяют определить перечень энергетических, транспортных и технологических машин, в которых следует разрабатывать и модернизировать конструкции, а также исследовать условия и режимы эксплуатации передач;

3) в качестве перспективы исследований следует отработать в более широком смысле аналогичный анализ по всем видам источников технической информации и производителям, как для отечественной, так и для зарубежной техники, с целью установления основных тенденций применимости определенных типоразмеров и характерных длин карданных передач.

Библиография

1. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (прогноз) // Технический сервис машин. 2019. N 4 (137). С. 220-229.
2. Аналитический обзор. Производство автомобильной, тракторной, сельскохозяйственной техники и компонентов к ней производителями России и других стран СНГ (Приложение к журналу «Автомобили, тракторы. Рынок СНГ) / ОАО «Автосельхозмаш-холдинг» Комитет ТПП РФ по предпринимательству в автомобильной сфере. М. 2003-2018.
3. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов, В.Г., Лавров А.В., Гурылев Г.С., Ошеров А.Н. Проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов в России // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. Т. 9. N 3. С. 9-14.
4. Ерохин М.Н., Пастухов А.Г. Надежность карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники в эксплуатации: монография. Белгород : Изд-во БелГСХА, 2008. 160 с.
5. Ермолов Л.С., Кряжков В.М., Черкун В.Е. Основы надежности сельскохозяйственной техники / 2-е изд., перераб. и доп. М. : Колос, 1982. 271 с.
6. Ксеневиц И.П., Шарипов В.М., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы: конструкция / под ред. И.П. Ксеневица и В.М. Шарипова. М. : Машиностроение, 2000. 821 с.
7. Гришкевич А.И., Бусел Б.У., Бутусов Г.Ф. и др. Проектирование трансмиссий автомобилей: справочник / под ред. А.И. Гришкевича. М. : Машиностроение, 1984. 272 с.
8. Флик Э.П. Механические приводы сельскохозяйственных машин: монография. М. : Машиностроение, 1984. 272 с.

9. Самсонов В.А., Зангиев А.А., Лачуга Ю.Ф., Дидманидзе О.Н. Основы теории мобильных сельскохозяйственных агрегатов: научное издание. М. : Колос, 2000. 248 с.
10. 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.
11. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей: справочник. М. : Колос, 1981. 351 с.

References

1. Analiticheskiy obzor. Proizvodstvo avtomobil'noy, traktornoй, sel'skokhozyaystvennoy tekhniki i komponentov k ney proizvoditelyami Rossii i drugih stran SNG (Prilozheniye k zhurnalu «Avtomobili, traktory. Rynok SNG) [Analytical review. Production of automobile, tractor, agricultural machinery and its components by manufacturers of Russia and other CIS countries (Appendix to the magazine "Cars, tractors. CIS market)] / OAO «Avto-sel'khoz mash-kholding» Komitet TPP RF po predprinimatel'stvu v avtomobil'noy sfere. Moscow. 2003-2018.
2. Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu. S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (prognoz) [Strategy of russian agricultural machinery modernization until 2030 (forecast)]. Tekhnicheskii servis mashin. 2019. N 4 (137). Pp. 220-229.
3. Kryazhkov V.M., Godzhayev Z.A., Shevtsov, V.G., Lavrov A.V., Gurylev G.S., Osherov A.N. Problemy formirovaniya innovatsionnogo parka sel'skokhozyaystvennykh traktorov v Rossii [Problems of formation of innovative park of agricultural tractors in Russia]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2015. Vol. 9. N3. 9-14.
4. Erokhin M.N., Pastukhov A.G. Nadezhnost' kardannykh peredach transmissiy sel'skohozyajstvennoy tekhniki v ekspluatatsii [Reliability of drive shafts of agricultural machinery transmissions in operation]: monografiya. Belgorod: Izd-vo BelGSKHA, 2008. 160 s.
5. Ermolov L.S., Kryazhkov V.M., Cherkun V.E. Osnovy nadezhnosti sel'skohozyajstvennoy tekhniki [Basis of reliability of agricultural machinery] / 2-e izd., pererab. i dop. M. : Kolos, 1982. 271 s.
6. Ksenevich I.P., SHaripov V.M., Arustamov L.H. i dr. Traktory: konstrukciya [Tractors: design] / pod red. I.P. Ksenevicha i V.M. SHaripova. M.: Mashinostroenie, 2000. 821 s.
7. Grishkevich A.I., Busel B.U., Butusov G.F. i dr. Proektirovanie transmissiy avtomobiley: spravochnik [Vehicle transmission design: reference book] / pod red. A.I. Grishkevicha. M. : Mashinostroenie, 1984. 272 s.
8. Flik E.P. Mekhanicheskie privody sel'skohozyajstvennykh mashin [Mechanical drives of agricultural machines]: monografiya. M. : Mashinostroenie, 1984. 272 s.
9. Samsonov V.A., Zangiev A.A., Lachuga YU.F., Didmanidze O.N. Osnovy teorii mobil'nykh sel'skohozyajstvennykh agregatov [Fundamentals of mobile agricultural aggregate theory]: nauchnoe izdanie. M. : Kolos, 2000. 248 s.
10. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Bakharev D.N. Obobshchennaya ocenka osnovnykh faktorov pri proektirovani tekhniki i tekhnologiy v agroinzhenerii [Summary assessment of the main factors in the design of equipment and technologies in agroengineering] / Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2021. № 1 (29). S. 17-26.
11. Volovik E.L. Spravochnik po vosstanovleniyu detalej [Part recovery guide]: spravochnik. M.: Kolos, 1981. 351 s.

Сведения об авторах

Пастухов Александр Геннадиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-4722-392390, E-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

Information about authors

Pastukhov Alexander Gennadievich, Dr, professor, head of department of technical mechanics and machinery design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. 8-4722-392390, E-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

УДК 621.664:669.715

Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, О.О. Багринцев

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СКОРОСТНЫХ ПЛУГОВ МОДЕЛИ ПСКu

Аннотация. Рассмотрены особенности конструкции и достоинства скоростных комбинированных унифицированных плугов модели ПСКu. Данные плуги в качестве рабочих органов имеют вертикальный, левый и правый ножи, причем первые два при эксплуатации подвержены наибольшему изнашиванию. Отсутствие в научной литературе данных о количественных величинах износов режущие-заглубляющих частей рабочих органов скоростных плугов модели ПСКu затрудняет разработку и внедрение наиболее рациональной технологии их восстановления и обуславливает проведение комплекса исследований. В качестве объекта исследования были выбраны вертикальные и левые ножи скоростного плуга модели ПСКu-5. Исследована выборка ножей в количестве 50 штук каждого наименования после их наработки 25 га для вертикальных и 35 га для левых ножей. По результатам исследований получены статистические ряды распределения износов режущие-заглубляющих частей вертикальных и левых ножей скоростных плугов модели ПСКu-5, а также опытные и теоретические кривые распределения их износов. Распределение износов режущие-заглубляющих частей ножей скоростных плугов модели ПСКu-5 подчиняется закону нормального распределения. Установлено, что 94% исследованных вертикальных ножей скоростных плугов модели ПСКu-5 после их наработки 25 га на один нож имеют износ режущие-заглубляющей части более допустимого и требуют своего восстановления. Их наибольший износ составляет 26,3 мм. 86% исследованных левых ножей после их наработки 35 га на один нож имеют износ режущие-заглубляющей части более допустимого, а их наибольший износ составляет 31,2 мм. Для восстановления вертикальных и левых ножей целесообразна технология приварки взамен изношенной новой режущие-лезвийной части к практически неизношенному остову ножа. Для повышения ресурса режущие-лезвийные части ножей целесообразно подвергнуть карбовибродуговому упрочнению. В результате ресурс упрочненных ножей в зависимости от типа обрабатываемых почв увеличивается в 1,8...2,2 раза, что позволит сельхозтоваропроизводителям снизить себестоимость производства своей продукции и сделать ее более конкурентоспособной в стоимостном выражении.

Ключевые слова: износ, скоростной плуг, вертикальный нож, левый нож, восстановление, режущие-заглубляющая часть, кривые распределения, карбовибродуговое упрочнение.

INVESTIGATION OF WEAR STATE OF WORKING ELEMENTS OF HIGH-SPEED PLOUGHS OF THE MODEL PSKu

Abstract. In this work the design features and advantages of high-speed combined unified plows of the model PSKu (high-speed combined plough). These ploughs have vertical, left-handed and right-handed blades as working elements, and the first two are subjected to the greatest wear during operation. Lack of data in scientific literature about quantitative values of wear of cutting and embedding parts of high-speed ploughs of the PSKu (high-speed combined plough) model complicates development and implementation of the most rational technology of their reconditioning and determines conducting a complex of researches in this field. Vertical and left-handed blades of the high-speed plough of the model PSKu-5 (high-speed combined plough) were chosen as an object of research. We studied a sample of blades in the amount of 50 pieces of each item after their operating time of 25 hectares for vertical and 35 hectares for left-handed blades. According to the results of the researches the statistical series of distribution of wear of cutting and embedding parts of vertical and left-handed blades of high-speed ploughs of the model PSKu-5 (high-speed combined plough), as well as experimental and theoretical curves of their wear distribution were obtained. Distribution of wear of cutting and embedding parts of high-speed ploughs of the model PSKu-5 (high-speed combined plough) is subjected to the normal distribution law. It is established that 94% of examined vertical blades of high-speed ploughs of the model PSKu-5 (high-speed combined plough) after their operating time of 25 ha per one blade have the wear of cutting and embedding part more than permissible and require their reconditioning. Their maximum wear is 26.3 mm. 86% of the examined left-handed blades after their operating time of 35 hectares per blade have wear of the cutting and embedding part more than permissible, and their maximum wear is 31.2 mm. To restore vertical and left-handed blades, it is reasonable to use the technology of welding a new cutting-edged part instead of the worn-out one to the practically non-worn blade frame. To increase the service life, it is advisable to subject the cutting-edged parts of blades to carbo-vibro-arc hardening. As a result, the resource of hardened blades, depending on the type of cultivated soils, increases by 1.8...2.2 times, which will allow agricultural producers to reduce the cost of production and make it more competitive in value terms.

Keywords: wear, high-speed plough, vertical blade, left-handed blade, reconditioning, cutting and embedding part, curves of distribution, carbo-vibro-arc hardening.

Введение. Анализ уровня надежности почвообрабатывающей техники по данным испытаний на машиноиспытательных станциях показывает, что из общего числа отказов около 40% приходится на их рабочие органы. Особенно низкой является наработка на отказ анкеров глубокорыхлителей, долот, лемехов, сменных грудинки отвалов [1-4].

Плуги модели ПСКУ (плуг скоростной комбинированный унифицированный) все более широко используются в различных регионах Российской Федерации, в том числе и в Орловской области. Плуги ПСКУ предназначены для основной отвальной обработки почвы, не засоренной камнями, под сельскохозяйственные культуры на глубину от 16 до 30 см удельным сопротивлением до 0,1 МПа, твердостью почвы до 4 МПа и влажностью до 30%. Их производителем является научно-производственное объединение «СУР» из Саратовской области (г. Энгельс). Данные плуги могут применяться на всех типах почв с ровным и волнистым рельефом поля и уклоном до 8°.

В качестве рабочих органов рассматриваемых плугов используются вертикальные, левые и правые ножи - лемеха (рисунок 1). Вертикальный и левый ножи являются оборотными, т.е. имеют режущее-заглубляющую часть с двух сторон. Вместо полевой доски плуги ПСКУ имеют еще один нож – левый. Это позволяет существенно уменьшить их тяговое сопротивление, увеличить производительность и топливную экономичность [5-7].

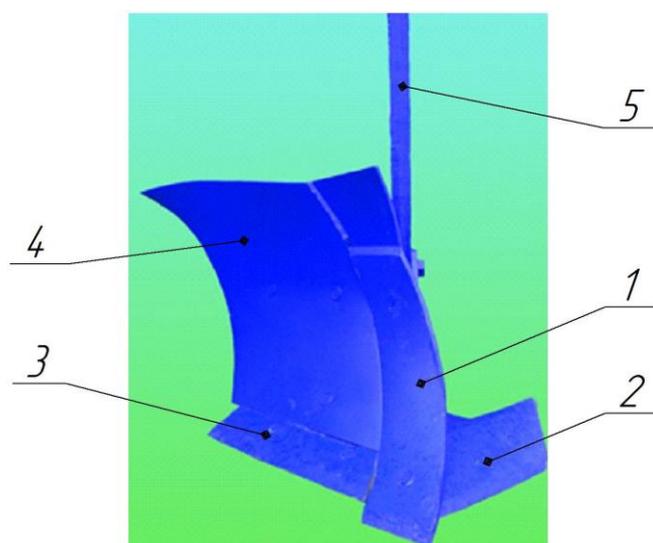


Рис. 1 – Рабочие органы плуга модели ПСКУ: 1 – вертикальный нож; 2 – левый нож; 3 – правый нож; 4 – отвал; 5 – стойка

Плуги модели ПСКУ являются инновационной разработкой, основной задачей которой было максимально снизить тяговое сопротивление плуга при сохранении качества выполняемых работ. Универсальность данных плугов заключается в том, что их можно использовать для отвальной и безотвальной вспашки, а также как глубокорыхлители.

В то же время в научной литературе пока еще отсутствуют данные о количественных величинах износов режущее-заглубляющей части ножей скоростных плугов модели ПСКУ, что затрудняет разработку и внедрение наиболее рациональной технологии их восстановления. В этой связи нами были проведены соответствующие исследования. В качестве объекта исследования были выбраны вертикальный и левый ножи скоростного плуга модели ПСКУ-5 как наиболее интенсивно изнашиваемые.

Методы исследования. Для получения достоверной информации по износам режущее-заглубляющей части вертикальных и левых ножей скоростных плугов модели ПСКУ (рисунок 2) исследована выборка ножей в количестве 50 шт. каждого наименования после их наработки на суглинистых почвах в объеме 25 га для вертикальных и 35 га для левых ножей. Перед проведением измерений ножи очищали от загрязнений с помощью шлифовальных машин и стальных цеховых щеток. Измерение износа каждого ножа проводили путем его наложения на шаблон, соответствующий форме и размерам нового ножа, с использованием

штангенциркуля ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89. Погрешность при измерении составляла не более 0,05 мм.

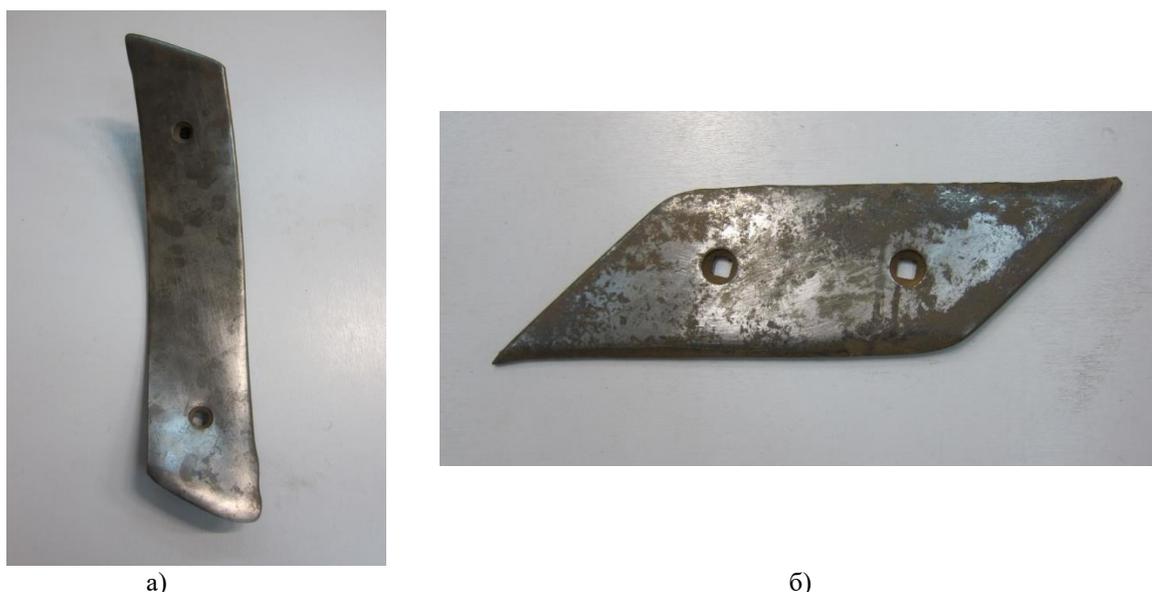


Рис. 2 – Изношенные вертикальный (а) и левый (б) ножи скоростного плуга модели ПСКУ-5

Результаты исследования и их обсуждение. Обработку полученной износной информации проводили с использованием персонального компьютера и прикладной программы. Сводные ведомости (вариационные ряды) информации по износам режуще-заглубляющих частей вертикальных и левых ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5 представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Сводная ведомость распределения износов режуще-заглубляющих частей вертикальных ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5

№ п/п	Износ, мм								
1	18,4	11	21,5	21	22,5	31	23,5	41	24,8
2	19,2	12	21,6	22	22,7	32	23,6	42	24,8
3	19,7	13	21,8	23	22,7	33	23,6	43	24,9
4	20,3	14	21,8	24	22,8	34	23,6	44	25,2
5	20,4	15	21,9	25	23,0	35	23,9	45	25,3
6	20,8	16	22,1	26	23,0	36	24,0	46	25,4
7	21,0	17	22,3	27	23,1	37	24,2	47	25,5
8	21,2	18	22,4	28	23,1	38	24,2	48	25,5
9	21,2	19	22,4	29	23,2	39	24,3	49	25,7
10	21,3	20	22,4	30	23,4	40	24,7	50	26,3

Таблица 2 – Сводная ведомость распределения износов режуще-заглубляющих частей левых ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5

№ п/п	Износ, мм								
1	18,7	11	24,7	21	27,5	31	28,6	41	29,3
2	19,4	12	25,3	22	27,8	32	28,7	42	29,5
3	19,5	13	25,5	23	27,9	33	28,7	43	29,5
4	20,7	14	26,1	24	27,9	34	28,7	44	29,7
5	21,0	15	26,2	25	28,0	35	28,8	45	29,8
6	21,3	16	26,4	26	28,2	36	28,8	46	30,3
7	21,6	17	27,0	27	28,2	37	28,9	47	30,3
8	22,2	18	27,1	28	28,4	38	29,0	48	30,6
9	22,9	19	27,3	29	28,4	39	29,0	49	30,9
10	24,5	20	27,5	30	28,5	40	29,2	50	31,2

Статистические ряды распределения износов режуще-заглубляющих частей вертикальных и левых ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5 представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Статистический ряд распределения износов режуще-заглубляющих частей вертикальных ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5

Интервал, мм	18,400-19,529	19,529-20,657	20,657-21,786	21,786-22,914	22,914-24,043	24,043-25,171	25,171-26,300
Середина интервала (I_{CP})	18,964	20,093	21,221	22,350	23,479	24,607	25,736
Частота (m_i)	2	3	7	12	12	7	7
Опытная вероятность (P_i)	0,04	0,06	0,14	0,24	0,24	0,14	0,14
Накопленная опытная вероятность ($\sum_{i=1}^n P_i$)	0,04	0,10	0,24	0,48	0,72	0,86	1,00

Таблица 4 – Статистический ряд распределения износов режуще-заглубляющих частей левых ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5

Интервал, мм	18,700-20,486	20,486-22,271	22,271-24,057	24,057-25,843	25,843-27,629	27,629-29,414	29,414-31,200
Середина интервала (I_{CP})	19,593	21,379	23,164	24,950	26,736	28,521	30,307
Частота (m_i)	3	5	1	4	8	20	9
Опытная вероятность (P_i)	0,06	0,10	0,02	0,08	0,16	0,40	0,18
Накопленная опытная вероятность ($\sum_{i=1}^n P_i$)	0,06	0,16	0,18	0,26	0,42	0,82	1,00

По результатам проведенных исследований было установлено, что распределение износов режуще-заглубляющих частей вертикальных и левых ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5 подчиняется закону нормального распределения (ЗНР). Параметры теоретического закона нормального распределения приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры теоретического закона нормального распределения

Показатели	tcp	σ	tcm	V	tn	tw	δ , %
Вертикальный нож	22,982	1,780	17,836	0,346	19,992	25,972	1,84
Левый нож	26,914	3,159	17,807	0,347	21,607	32,222	2,79

По результатам проведенных исследований также были построены опытные и теоретические кривые распределения износов режуще-заглубляющих частей вертикальных и левых ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5 (рисунки 3-6).

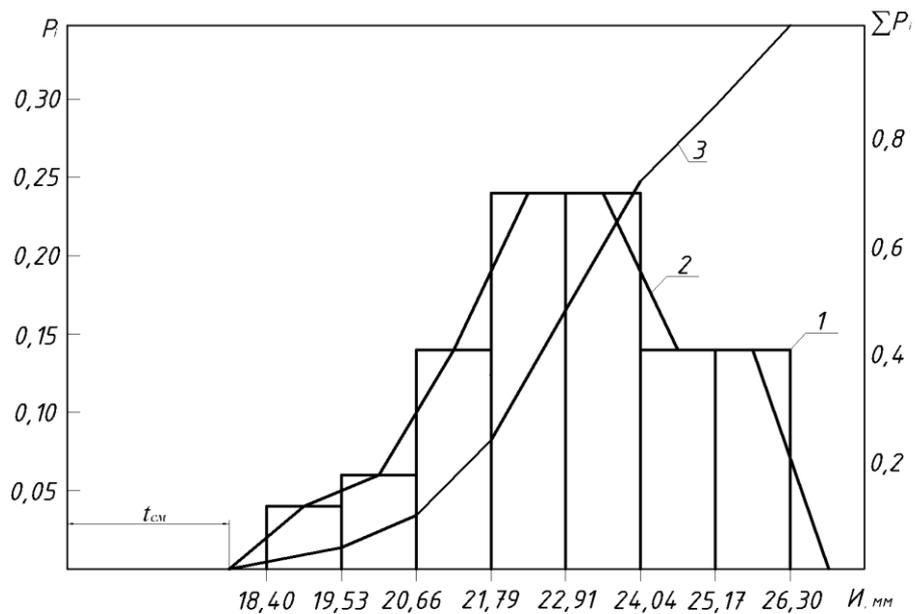


Рис. 3 – Гистограмма (1), полигон (2) и кривая накопленных опытных вероятностей (3) распределения износов режуще-заглубляющей части вертикальных ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5

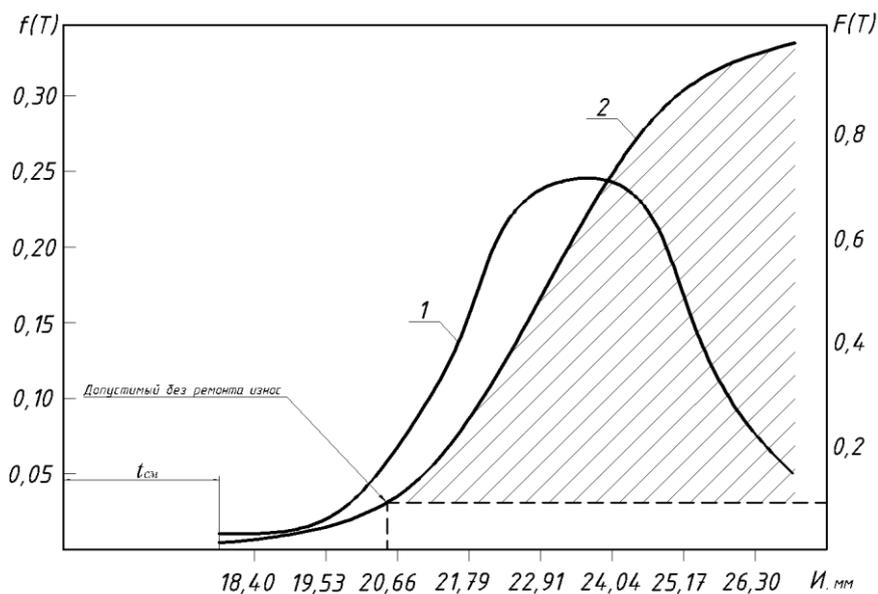


Рис. 4 – Теоретическая дифференциальная (1) и теоретическая интегральная (2) кривые распределения износов режуще-заглубляющей части вертикальных ножей скоростных плугов модели ПСКУ-5

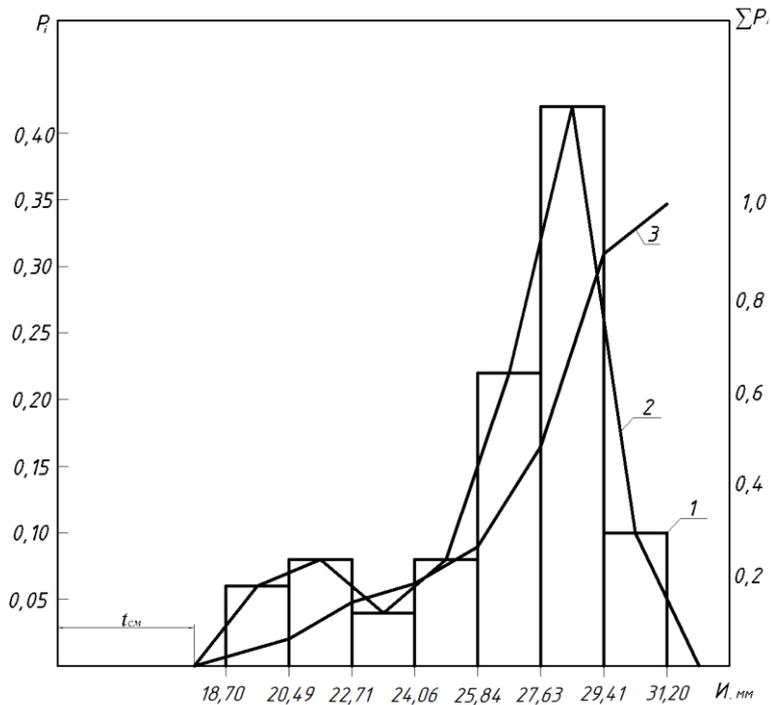


Рис. 5 – Гистограмма (1), полигон (2) и кривая накопленных опытных вероятностей (3) распределения износов режуще-заглубляющей части левых ножей скоростных плугов модели ПСКu-5

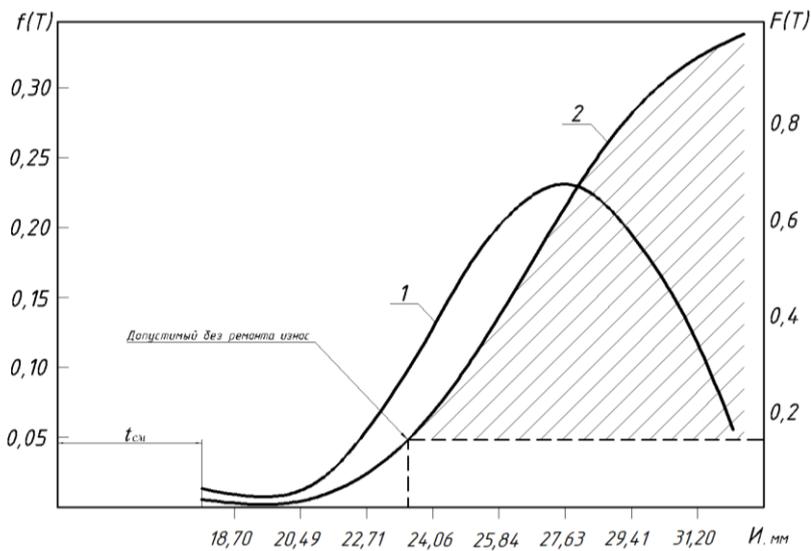


Рис. 6 – Теоретическая дифференциальная (1) и теоретическая интегральная (2) кривые распределения износов режуще-заглубляющей части левых ножей скоростных плугов модели ПСКu-5

Исследуемые вертикальные и левые ножи скоростных плугов модели ПСКu по достижению ими предельного состояния возможно восстанавливать. Технология восстановления ножей включает удаление изношенных режуще-лезвийные части, изготовление новых и приваривание их вместо изношенных. По рекомендациям [8, 9] приваривание новых режуще-лезвийных частей осуществляют с обеих сторон встык с разделкой кромок. Затем для повышения ресурса режуще-лезвийные части ножей подвергают карбовибродуговому упрочнению (КВДУ) с использованием многокомпонентных паст и угольного электрода [10-19].

Выводы.

1. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что 94% исследованных вертикальных ножей скоростных плугов модели ПСКu-5 после их наработки 25 га на один нож имеют износ режуще-заглубляющей части более допустимого 20 мм и требуют восстановле-

ния. Наибольший износ составляет 26,3 мм. Для 86% исследованных левых ножей после их наработки 35 га на один нож износ режущо-заглубляющей части составляет более допустимого 22 мм. Наибольший износ составляет 31,2 мм.

2. Вертикальные и левые ножи скоростных плугов модели ПСКУ при исчерпании своего ресурса подлежат восстановлению. Для этого необходимо удалить их изношенные режущо-лезвийные части, после чего изготовить новые и приварить на место изношенных. Приваривание новых режущо-лезвийных частей целесообразно осуществлять встык, с двух сторон, с разделкой кромок.

3. Для повышения ресурса режущо-лезвийные части ножей целесообразно подвергать карбовибродуговому упрочнению. В результате ресурс упрочненных ножей в зависимости от типа обрабатываемых почв увеличится в 1,8...2,2 раза. Это, в свою очередь, позволит сельхозтоваропроизводителям снизить себестоимость производства своей продукции и сделать ее более конкурентоспособной в стоимостном выражении.

Библиография

1. Лялякин В.П., Соловьев С.А., Аулов В.Ф. Упрочнение и восстановление деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами (обзор) // Сварочное производство. 2014. № 7. С. 32-36.
2. Стребков С.В., Слободюк А.П., Бондарев А.В. Восстановление рабочего органа глубокорыхлителя JOHN DEERE 512 RIPPER многослойным покрытием // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 4 (28). С. 79-86.
3. Михальченков А.М., Козарез И.В., Михальченкова М.А. и др. Влияние техники двухслойной наплавки на износостойкость и ресурс восстановленных деталей (на примере плужных лемехов) // Сварочное производство. 2018. № 7. С. 31-36.
4. Шарая О.А., Водолазская Н.В. Технологические аспекты модифицирования поверхностного слоя деталей сельскохозяйственных машин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 3 (23). С. 82-93.
5. Патент на полезную модель № 178372 Российская Федерация, МПК А01В15/00. Корпус плуга / Святкин С.Н., Титов В.Н. Заявка: 2017130577, 29.08.2017. Бюл. № 10.
6. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Соловьев Р.Ю. и др. Результаты производственной проверки экспериментальных упрочненных износостойкими материалами ножей скоростных плугов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 3 (27). С. 90-97.
7. Михальченков А.М., Феськов С.А., Зорин А.А. и др. Дефекты деталей рабочего органа скоростных плугов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 41-46.
8. Михальченков А.М., Соловьев С.А., Михальченкова М.А. Эффективность импортозамещающих технологий изготовления, восстановления и упрочнения деталей почвообрабатывающих орудий способом компенирующих термоупрочненных элементов // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 11 (119). С. 17-22.
9. Михальченков А.М., Михальченкова М.А., Новиков А.А. Использование снятых с эксплуатации листовых рессор при восстановлении плужных лемехов // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. С. 46-47.
10. Шарифуллин С.Н., Соловьев Р.Ю., Аракчеева К.С. и др. Упрочнение поверхностей режущих элементов сельскохозяйственных агрегатов вибродуговой плазмой // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 145-151.
11. Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Vinogradov V.V., Stoln A.M., Bazin P.M. The microstructure of composite cermet coatings produced by carbo-vibroarc surfacing // Welding International. 2017. Vol. 31. No. 9. pp. 739-742.
12. Виноградов В.В. Повышение износостойкости стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий карбовибродуговым упрочнением их режущих поверхностей: автореф. дисс. канд. техн. наук // Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I. – Воронеж, 2017. – 16 с.
13. Задорожний Р.Н., Тужилин С.П. Металлографические исследования стальных образцов, упрочненных карбовибродуговой наплавкой // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 2. С. 57-61.
14. Муртазин Г.Р., Зиганшин Б.Г., Яхин С.М. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // Техника и оборудование для села. 2015. № 10. С. 32-34.
15. Коломейченко А.В., Кравченко И.Н., Ерофеев М.Н. и др. Повышение износостойкости металлокерамических покрытий, нанесенных методом карбовибродугового упрочнения // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2019. № 4. С. 69-74.
16. Титов Н.В., Коломейченко А.В. Универсальная технология восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 291-297.
17. Коломейченко А.В., Титов Н.В., Виноградов В.В. и др. Исследование микроструктуры композиционных металлокерамических покрытий, полученных карбовибродуговой наплавкой // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 3-7.
18. Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Litovchenko N.N. Innovative method of tillage tool hardening // Vestnik OrelGAU. 2014. № 2 (47). P. 42-48.

19. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Виноградов В.В. и др. Исследование влияния режимов и параметров карбовибродугового упрочнения на толщину металлокерамического покрытия // Техника и оборудование для села. 2016. № 9. С. 34-37.

References

1. Lyalyakin V.P., Solov'ev S.A., Aulov V.F. Uprochnenie i vosstanovlenie detalej pochvoobrabatyvayushhikh mashin svarочно-naplavochnymi metodami (obzor) [Hardening and restoration of parts of tillage machines by welding-surfacing methods (review)] // Welding International. 2014. no 7. p.p. 32-36.
2. Strebkov S.V., Slobodyuk A.P., Bondarev A.V. Vosstanovlenie rabocheho organa glubokorykhlitelya JOHN DEERE 512 RIPPER mnogoslounym pokrytiem [Reconditioning of the working body of deep ripper JOHN DEERE 512 RIPPER with multilayer coating] // Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives. 2020. no 4 (28). p.p. 79-86.
3. Mikhal'chenkov A.M., Kozarez I.V., Mikhal'chenkova M.A. i dr. Vliyanie tekhniki dvukhslojnoj naplavki na iznosostojkost' i resurs vosstanovlennykh detalej (na primere pluzhnykh lemekhov) [The impact of two-layer surfacing technique on wear resistance and working life of reconditioned parts (on the example of plough shares)] // Welding International. 2018. no 7. p.p. 31-36.
4. SHaraya O.A., Vodolazskaya N.V. Tekhnologicheskie aspekty modifitsirovaniya poverkhnostnogo sloya detalej sel'skokhozyajstvennykh mashin [Technological aspects of modifying the surface layer of agricultural machinery parts] // Innovations in Agriculture: Problems and Perspectives. 2019. no 3 (23). p.p. 82-93.
5. Patent na poleznuyu model' № 178372 Rossijskaya Federatsiya, MPK A01V15/00. Korpus pluga / Svyatkin S.N., Titov V.N. [Plough body] Application: 2017130577, 29.08.2017. Bulletin no. 10.
6. Titov N.V., Kolomejchenko A.V., Solov'ev R.YU. i dr. Rezul'taty proizvodstvennoj proverki ehksperimental'nykh uprochnennykh iznosostojkimi materialami nozhej skorostnykh plugov [Results of production inspection of experimental blades of high-speed ploughs hardened with wear-resistant materials] // Innovations in Agriculture: Problems and Perspectives. 2020. no (27). p.p. 90-97.
7. Mikhal'chenkov A.M., Fes'kov S.A., Zorin A.A. i dr. Defekty detalej rabocheho organa skorostnykh plugov [Defects in parts of the workingbody of high-speed ploughs] // Vestnik Bryansk State Agricultural Academy. 2021. No 3. p.p. 41-46.
8. Mikhal'chenkov A.M., Solov'ev S.A., Mikhal'chenkova M.A. Effektivnost' importozameshchayushhikh tekhnologij izgotovleniya, vosstanovleniya i uprochneniya detalej pochvoobrabatyvayushhikh orudij sposobom kompensiruyushhikh termouprochnennykh ehlementov [The effectiveness of importsubstituting technologies manufacturing, repair and hardening of details tillage machinery dy the way of compensating heat-treated elements] // Strengthening Technologies and Coatings. 2014. no 11 (119). p.p. 17-22.
9. Mikhal'chenkov A.M., Mikhal'chenkova M.A., Novikov A.A. Ispol'zovanie snyatykh s ehkspluatatsii listovykh ressor pri vosstanovlenii pluzhnykh lemekhov [Using the out of service leaf springs for ploughshares restoration] // Tractors and Agricultural Machinery. 2014. no 6. p.p. 46-47.
10. SHarifullin S.N., Solov'ev R.YU., Arakcheeva K.S. i dr. Uprochnenie poverkhnostej rezhushhikh ehlementov sel'skokhozyajstvennykh agregatov vibrodugovoj plazmoj [Hardening the surfaces of cutting elements of agricultural aggregates by vibro-arc plasma] // Proceedings of GOSNITI. 2016. V. 122. p.p. 145-151.
11. Kolomejchenko A.V., Titov N.V., Vиноградов V.V., Stolin A.M., Bazin P.M. The microstructure of composite cermet coatings produced by carbo-vibroarc surfacing // Welding International. 2017. Vol. 31. No. 9. pp. 739-742.
12. Vиноградов V.V. Povyshenie iznosostojkosti strel'chatykh lap pochvoobrabatyvayushhikh orudij karbovibrodugovym uprochneniem ikh rezhushhikh poverkhnostej: avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Increasing the wear resistance of A-share of tillage implements by carbo-vibro-arc hardening of their cutting surfaces: Abstract of Ph.D. in Technical Sciences] // Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I. – Voronezh, 2017. – 16 p.
13. Zadorozhnyj R.N., Tuzhilin S.P. Metallograficheskie issledovaniya stal'nykh obraztsov, uprochnennykh karbovibrodugovoj naplavkoj [Metallographic examination of steel samples hardened by carbo-vibro-arc surfacing] // Proceedings of GOSNITI. 2016. V. 124. no 2. p.p. 57-61.
14. Murtazin G.R., Ziganshin B.G., YAkhin S.M. Povyshenie resursa rabochikh organov pochvoobrabatyvayushhikh mashin [Increasing the service life of tillage machines] // Machinery and Equipment for Rural Area. 2015. no 10. p.p. 32-34.
15. Kolomejchenko A.V., Kravchenko I.N., Erofeev M.N. i dr. Povyshenie iznosostojkosti metallokeramicheskikh pokrytij, nanesennykh metodom karbovibrodugovogo uprochneniya [Increasing the wear resistance of metal-ceramic coatings applied by carbo-vibro-arc hardening] // Engineering and Automation Problems. 2019. no 4. p.p. 69-74.
16. Titov N.V., Kolomejchenko A.V. Universal'naya tekhnologiya vosstanovleniya i uprochneniya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushhikh mashin [Universal technology for reconditioning and hardening of working elements of tillage machines] // Proceedings of GOSNITI. 2015. V. 121. p.p. 291-297.

17. Kolomejchenko A.V., Titov N.V., Vinogradov V.V. i dr. Issledovanie mikrostruktury kompozitsionnykh metallokeramicheskikh pokrytij, poluchennykh karbovibrodrugovoj naplavkoj [Investigation of the microstructure of composite ceramic-metal coatings produced by carbo-vibro-arc surfacing] // Welding International. 2016. no 11. p.p. 3-7.

18. Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Litovchenko N.N. Innovative method of tillage tool hardening // Vestnik OrelGAU. 2014. № 2 (47). P. 42-48.

19. Titov N.V., Kolomejchenko A.V., Vinogradov V.V. i dr. Issledovanie vliyaniya rezhimov i parametrov karbovibrodrugovogo uprochneniya na tolshhinu metallokeramicheskogo pokrytiya [Study of the influence of modes and parameters of carbo-vibro-arc hardening on the thickness of the ceramic-metal coating] // Machinery and Equipment for Rural Area. 2016. no 9. p.p. 34-37.

Сведения об авторах

Титов Николай Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, E-mail: ogau@mail.ru.

Коломейченко Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», ул. Автомоторная, д. 2, г. Москва, Россия, 125438, тел. +7 495 456-42-50, доб. 64-23, E-mail: a.kolomiychenko@nami.ru.

Багринцев Олег Олегович, аспирант кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, E-mail: schmelji20@gmail.com.

Information about authors

Titov Nikolay Vladimirovich, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Head of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, General Rodin St. 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, e-mail: ogau@mail.ru.

Kolomeichenko Aleksandr Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Center of Agricultural Engineering, Central research and development automobile and engine institute NAMI, 125438, Moscow, Avtomotornaya St., 2, +7 495 456-42-50, ext. 65-28, E-mail: a.kolomiychenko@nami.ru.

Bagrintsev Oleg Olegovich, Post-graduate Student of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, General Rodin St. 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, e-mail: schmelji20@gmail.com.

УДК 631.361.022.003.13

А.Г. Пастухов, Д.Н. Бахарев

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА КОМПЛЕКТА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ОБМОЛОТА ПОЧАТКОВ СЕМЕННОЙ КУКУРУЗЫ

Аннотация. На современном этапе развития отечественной системы первичного семеноводства кукурузы актуальным и перспективным является вопрос технического оснащения заводов по переработке початков кукурузы на семенное зерно эффективными машинами. Среди данных машин важное место занимают комплекты технических средств для обмолота, поскольку их работа сопровождается наиболее активным повреждающим силовым воздействием на зерно. Управление данным силовым воздействием возможно посредством обеспечения поэтапного обмолота с подачей початков из защитных контейнеров после предварительной сушки. При этом подача должна сопровождаться ориентированием всех початков в единое пространственное положение, а обмолот осуществляться молотильно-сепарирующим устройством, рабочие органы которого способны адаптивно менять силовое воздействие на зерно. В связи с этим комплект технических средств для поэтапного обмолота должен состоять из защитного контейнера, ориентирующе-дозировочного загрузочного аппарата и молотильно-сепарирующего устройства. Для разработки таких комплектов предложена научно-обоснованная методика инженерного расчета, предусматривающая выполнение защитного контейнера таким, чтобы его стенки были проницаемые для теплоносителя со всех сторон, что позволяет сушить початки в контейнерах. Кроме того, контейнер конструктивно обеспечивает геометрические условия, способствующие развороту початков в требуемое пространственное положение при разгрузке. Инженерный расчет ориентирующе-дозировочного загрузочного устройства позволяет создать конструкцию, обеспечивающую всей массе початков, выходящей из контейнера, единое пространственное положение, при этом согласуется длина, ширина и высота ориентирующих каналов устройства с размерными характеристиками початков кукурузы и скоростью их перемещения. Рекомендации по расчету и эскизной компоновке аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства позволяют подобрать фасонные шипы пневмоадаптивной деки под конкретный подвид кукурузы, расположить их на деке по рекомендуемой схеме расстановки, подобрать рациональное размеренное соотношение между длинами участков деки и ротора, а также обосновать живое сечение нижней части деки.

Ключевые слова: кукуруза, початок, комплект технических средств, поэтапный обмолот, инженерный расчет.

PROCEDURE FOR ENGINEERING CALCULATION OF A SET OF TECHNICAL TOOLS FOR STEP-BY-STEP THRESHING OF COBS SEED CORN

Abstract. At the present stage of the development of the domestic system of primary seed production of corn, the issue of technical equipment of plants for processing corn cobs for replaceable grain with effective machines is relevant and promising. Among these machines, sets of equipment for threshing occupy an important place, since their work is accompanied by the most active damaging force effect on grain. Control of this force effect is possible by providing phased threshing with feeding of cobs from protective containers after pre-drying. At the same time, the supply should be accompanied by orienting all the cobs to a single spatial position, and threshing should be carried out by a threshing-separating device, the working elements of which are able to adaptively change of force action on grain. In this regard, the set of technical means for phased threshing should consist of a protective container, an orienting-dosing loading device and a threshing-separating device. For the development of such kits, a scientifically sound engineering calculation technique is proposed, which allows the protective container to be made so that its walls are permeable to the coolant from all sides, which allows drying the cobs in containers. In addition, the container structurally provides geometrical conditions that help to turn the cobs to the desired spatial position during unloading. Engineering calculation of orienting-dosing loading device makes it possible to create a structure providing the whole mass of cobs leaving the container with a single spatial position, at the same time the length, width and height of orienting channels of the device are consistent with dimensional characteristics of corn cobs and speed of their movement. Recommendations on the calculation and sketched layout of the axial-rotary threshing-separating device make it possible to select shaped pins of the pneumatic adaptive deck for a specific subspecies of corn, to arrange them on the deck according to the recommended arrangement scheme, to select a rational measured ratio between the lengths of the deck and rotor sections, as well as to justify the living section of the lower part of the deck.

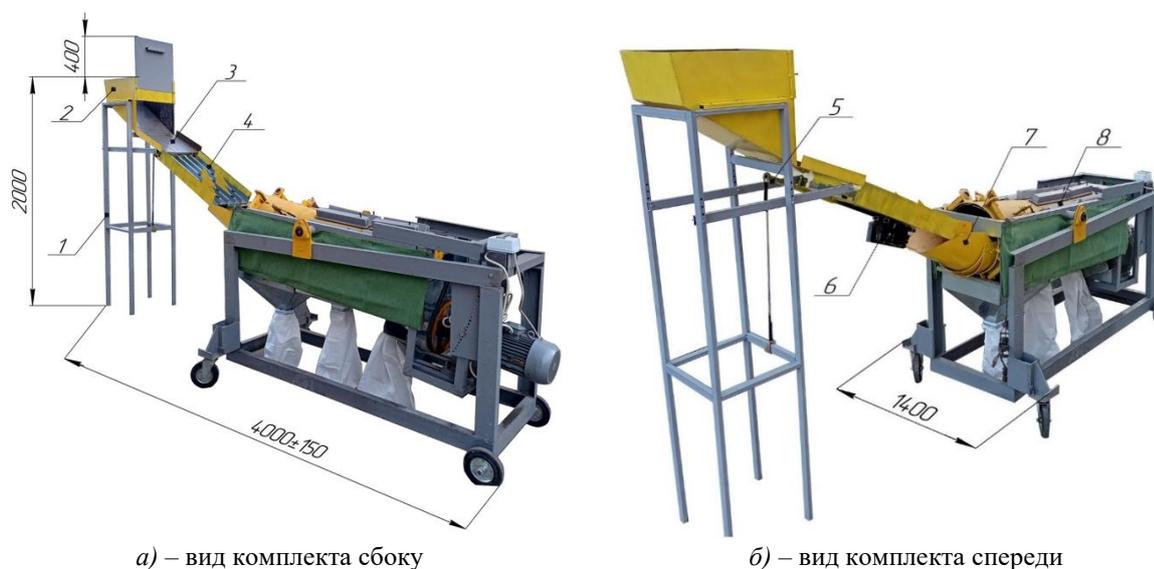
Keywords: corn, cob, a set of technical tools, step-by-step threshing, engineering calculation.

Введение. В России остро стоит проблема обеспечения сельскохозяйственного производства качественным посевным материалом кукурузы. Собственных объемов производства семенного зерна для закрытия внутренних потребностей недостаточно, поэтому часть посевного материала закупается из-за рубежа. Это идет в разрез со стратегией импортозамещения и продовольственной безопасности. Решение данной проблемы лежит в области развития

отечественной системы семеноводства, основанной на эффективных механизированных технологиях, обеспечивающих переработку початков кукурузы на семенное зерно с его минимальным повреждением. Урожай семенной кукурузы убирается исключительно в початках, которые перерабатываются на семена в стационарных механизированных линиях после сушки. Минимизация макро- и микроповреждений семенного зерна кукурузы в стационарных механизированных линиях достигается путем поэтапного обмолота с подачей початков из защитных контейнеров. При этом осуществляются следующие этапы:

- контролируемая выгрузка массы початков из защитного контейнера;
- придание всем початкам единого пространственного положения посредством ориентирующе-дозировочного загрузочного устройства (ОДЗА);
- дозированная подача сориентированных в пространстве початков в приемный лоток аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства (МСУ);
- безударный переход початков из приемного лотка в рабочий зазор трехсекционной системы ротор-дека (СРД) аксиально-роторного МСУ;
- обмолот початков кукурузы, перемещаемых в рабочем зазоре секций СРД в рациональном пространственном положении относительно адаптивных рабочих органов, способных дифференцировать величину обмолачиваемых сил удара и трения.

Вышеизложенные этапы обмолота реализованы в новом комплекте технических средств, представленном на рисунке 1.



- 1 – платформа; 2 – защитный контейнер с выгрузным окном и заслонкой;
3 – откидной лоток защитного контейнера; 4 – ОДЗА; 5 – механизм изменения наклона ОДЗА;
6 – вибрационный привод ОДЗА; 7 – загрузочная горловина МСУ; 8 – аксиально-роторное МСУ с пневмоадаптивной декой

Рис. 1 – Комплект технических средств для поэтапного обмолота початков семенной кукурузы (RU 171115; RU 196681; RU 180093; UA 30366; UA 18265; UA 86546)

Разработка размерного ряда комплектов технических средств для поэтапного обмолота початков семенной кукурузы различных подвидов требует применения научно-обоснованной методики инженерного расчета.

Объект и методы исследований. Объектом исследования является комплект технических средств поэтапного обмолота початков семенной кукурузы с адаптивными рабочими органами. В работе использовались системные методы инженерного проектирования, основы конструирования сельскохозяйственной техники, а также методики обоснования и построения эскизов проектируемых технических средств.

Результаты исследований и их обсуждение. Методика инженерного расчета комплекта технических средств для поэтапного обмолота початков семенной кукурузы состоит из следующих этапов:

- 1) проектирование конструкции защитного контейнера;
- 2) инженерное обоснование конструктивно-технологических параметров ОДЗА;
- 3) инженерный расчет и выбор рабочих органов МСУ с рациональными геометрическими параметрами, адаптированными для различных механико-технологических характеристик початков зубовидной, кремнистой, лопающейся, сахарной и восковидной кукурузы.

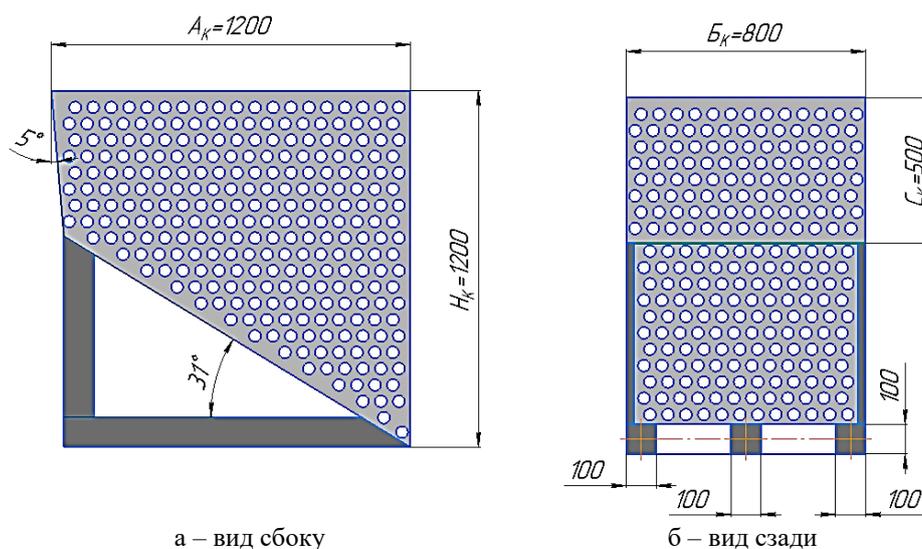
Накопленный практический опыт по сушке початков кукурузы в вентилируемых сапетках (временных сетчатых хранилищах) в условиях отечественных и зарубежных предприятий [1-5] дает основание полагать, что максимальная толщина слоя початков, эффективно продуваемая теплоносителем, должна находиться в интервале 0,8...1,2 м. Исходя из этого и на основании аналитических исследований, предложен ряд с рекомендуемыми интервалами конструктивных параметров защитных контейнеров для початков кукурузы (таблица 1).

Защитный контейнер должен быть выполнен из стального газопроницаемого решетчатого полотна с диаметром отверстий, исключаяющих проход зерна, отделившегося от стержней початков в процессе сушки и контейнерных погрузочно-перезрузочных операций. Данное условие выполняется если диаметр отверстий в защитном контейнере для прохода теплоносителя менее условного диаметра зерна кукурузы на 30-50%.

Таблица 1 – Исходные данные для определения конструктивно-технологических параметров защитного контейнера для початков семенной кукурузы

Наименование конструктивного параметра	Значения	Источник информации	Примечание
Максимальная ширина контейнера B_K , м	0,8 ... 1,0	[1-3]	В соответствии с размерами поддонов для вилочного погрузчика и оптимальной шириной сапеток
Максимальная длина контейнера A_K , м	1,0 ... 1,2	[1-3]	В соответствии с размерами поддонов для вилочного погрузчика
Максимальная высота контейнера H_K , м	1,0 ... 1,2	[1-3]	В соответствии с необходимостью обеспечения эффективного прохода теплоносителя в порах насыпи при сушке початков в защитных контейнерах
Угол наклона задней стенки контейнера α_K , град	5 ... 7	[4, 5]	Для обеспечения постоянного напряжения сдвига слоёв
Угол наклона днища контейнера β_K , град	29 ... 33	[4, 5]	Угол наклона днища должен быть не менее угла естественного откоса початков кукурузы
Диаметр отверстий в стенках и днище контейнера для прохода теплоносителя, мм	3,5 ... 5,0	[1-6]	Диаметр отверстий в стенках и днище контейнера должен быть меньше условного диаметра зерна кукурузы $d_{3K} = 7$ мм
Объем защитного контейнера, m^3	0,55 ... 0,82	[1-6]	Для обеспечения качественного прохода теплоносителя через массу початков, находящихся в контейнере
Насыпная плотность початков кукурузы, t/m^3	0,38 ... 0,44	[1-6]	Для всех подвидов кукурузы
Масса початков в одном контейнере, т	0,23 ... 0,34	[1-6]	Справочное значение для организации процесса перемещения початков на обмолот
Высота разгрузочного окна контейнера, мм	170 ... 300	[5, 6]	Для исключения сводообразования в области разгрузочного окна
Длина откидного лотка, м	0,35 ... 0,55	[5, 6]	В соответствии с необходимостью обеспечения однослойного схода початков с откидного лотка на ОДЗА
Ширина откидного лотка, м	0,8 ... 1,0	[5, 6]	В соответствии с шириной защитного контейнера

На основании данных таблицы 1 предлагается опорный вариант конструкции защитного контейнера со следующими размерными параметрами (рисунок 2).



а – вид сбоку
 б – вид сзади
Рис. 2 – Рекомендуемые размерные параметры защитного контейнера для початков семенной кукурузы

Объем контейнера вычисляется по типовой методике [7]:

$$V_K = (A_K \cdot C_K \cdot B_K) + \left(\frac{1}{2} (H_K - C_K) \cdot A_K \cdot B_K \right). \quad (1)$$

Второй машиной в комплекте технических средств для поэтапного обмолота початков кукурузы на семенное зерно является лотковое ОДЗА.

Размерные и конструктивно-технологические характеристики ОДЗА целесообразно выбирать в соответствии с данными, приведенными в таблице 2.

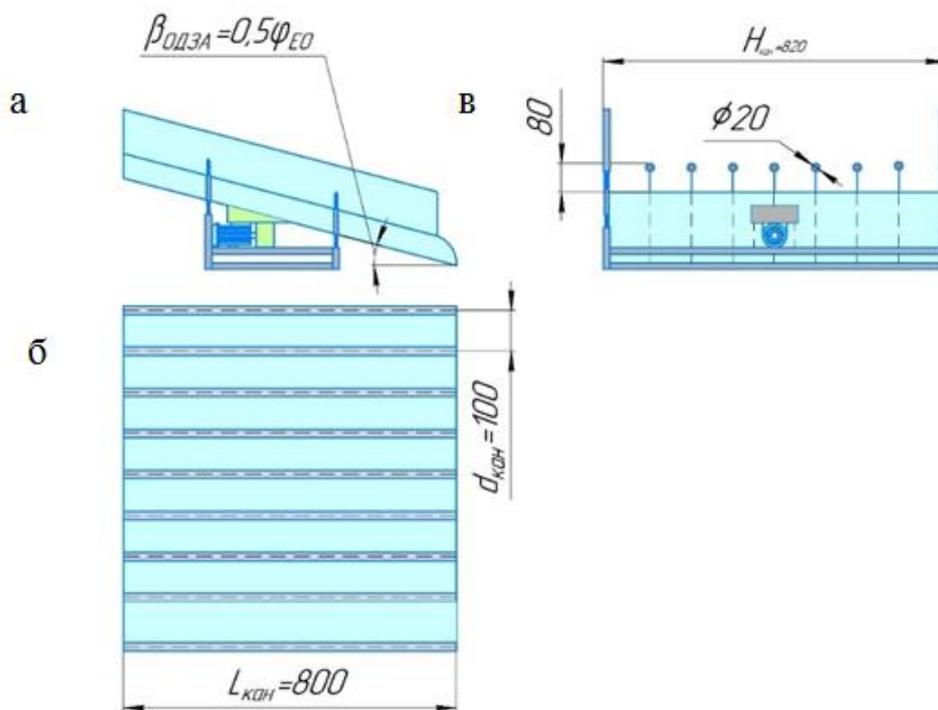
Числовые значения, определяющие конструктивно-технологические параметры, получены в результате теоретических и экспериментальных исследований.

По принципу прямоточности ОДЗА является основным механизмом системы ориентированной загрузки (СОЗ) початков в МСУ и его производительность является базовой в процессе согласования производительности машин всего комплекта.

Таблица 2 – Исходные данные для определения конструктивно-технологических параметров ОДЗА

Наименование конструктивного параметра	Численные значения	Источник информации	Примечание
Количество каналов лотка ОДЗА $Z_{кан}$, шт.	5-9	[1-4]	$Z_{кан} = \frac{B_K}{d_{кан}} - 1$
Ширина одного канала лотка ОДЗА $d_{кан}$, мм	80-100	[1-6]	Для выполнения условия рационального превышения среднего (эффективного) диаметра початков
Высота перегородки канала, мм	60-80	[1-6]	Для исключения перехода початка из канала в канал
Длина каналов лотка ОДЗА $L_{кан}$, м	0,7-1,0	[4-6]	С целью согласования производительности ОДЗА и МСУ
Диапазон регулирования угла наклона лотка ОДЗА, $\alpha_{ОДЗА}$, Град	0-31	[4-6]	С целью согласования производительности ОДЗА и МСУ
Амплитуда колебаний лотка ОДЗА	3-7	[6-8]	Для обеспечения безударного вибрационного перемещения початков
Частота колебаний лотка ОДЗА, кол/мин	До 1500	[5-8]	С целью рационализации энергопотребления ОДЗА

На основании таблицы 2 рекомендуется к практическому применению опорный вариант конструкции ОДЗА со следующими размерными параметрами (рисунок 3).



а – вид сбоку; б – вид сверху; в – вид сзади

Рис. 3 – Рекомендуемые размерные параметры ОДЗА

Производительность ОДЗА регламентирована скоростью перемещения початков и количеством каналов. На основании экспериментов установлены режимы и условия перемещения початков по наклонной плоскости ОДЗА (таблица 3).

Таблица 3 – Режимы и условия перемещения початков по наклонной плоскости ОДЗА

$\alpha_{\text{ОДЗА}}$	Уравнение перемещения початков	Скорость перемещения початков, м/с	Время пребывания початков в каналах ОДЗА, с	Количество каналов, штук	$Q_{\text{соз}}$, поч./с (кг/с)
$0,40 \cdot \varphi_{\text{EO}}$	$S_{\text{П}} = 0,015 \cdot t^2$	$v_{\text{ПОЧ}} = 0,030 \cdot t$	3...5	5...9	3...5 (0,60...1,00)
$0,45 \cdot \varphi_{\text{EO}}$	$S_{\text{П}} = 0,022 \cdot t^2$	$v_{\text{ПОЧ}} = 0,044 \cdot t$	3...5	5...9	4...8 (0,88...1,58)
$0,50 \cdot \varphi_{\text{EO}}$	$S_{\text{П}} = 0,029 \cdot t^2$	$v_{\text{ПОЧ}} = 0,060 \cdot t$	3...5	5...9	6...11 (1,20...2,16)
$0,55 \cdot \varphi_{\text{EO}}$	$S_{\text{П}} = 0,034 \cdot t^2$	$v_{\text{ПОЧ}} = 0,068 \cdot t$	3...5	5...9	7...12 (1,36...2,45)

Третьей машиной в комплекте технических средств для поэтапного обмолота початков кукурузы на семенное зерно является аксиально-роторное МСУ, дека которой укомплектована независимыми шипами фасонной формы (рисунок 4), прижатыми программно-управляемыми пневматическими подушками (рисунок 5).

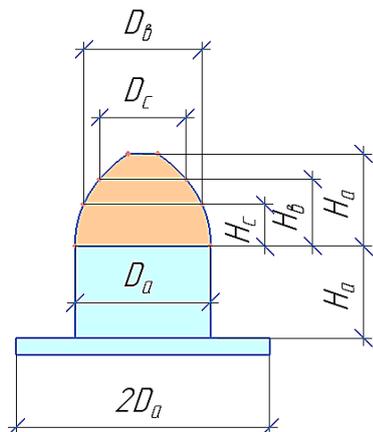


Рис. 4 – Параметры фасонного шипа МСУ

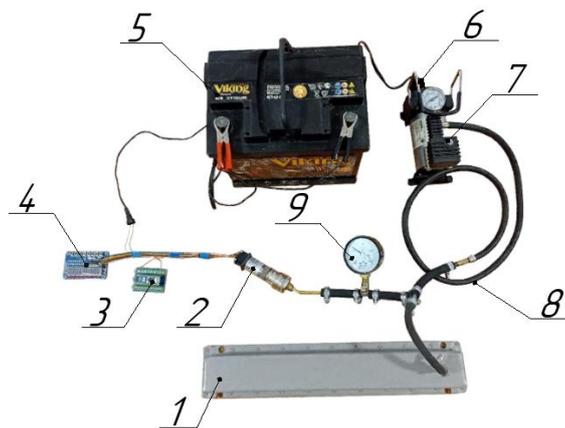


Рис. 5 – Схема подключения программно-управляемой пневматической подушки
1 – пневмоподушка; 2 – датчик давления PIEZUS; 3 – плата Arduino Nano; 4 – индикатор с кнопочным блоком для установки требуемого значения давления; 5 – аккумулятор 12V; 6 – реле компрессора; 7 – портативный компрессор; 8 – воздушная магистраль; 9 – манометр ДМ 05063

Рис. 5 – Схема подключения программно-управляемой пневматической подушки

Размерные пропорции шипов выражаются вурфом через соотношения:

$$\frac{(D_a + D_e) \cdot (D_e + D_c)}{D_e \cdot (D_a + D_e + D_c)} = 1,26 \dots 1,31, \tag{2}$$

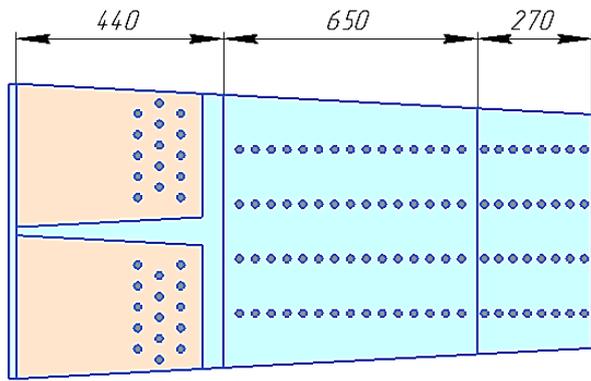
$$\frac{(H_a + H_e) \cdot (H_e + H_c)}{H_e \cdot (H_a + H_e + H_c)} = 1,26 \dots 1,31. \tag{3}$$

Для конкретного подвида кукурузы шипы изготавливаются в соответствии с таблицей 4.

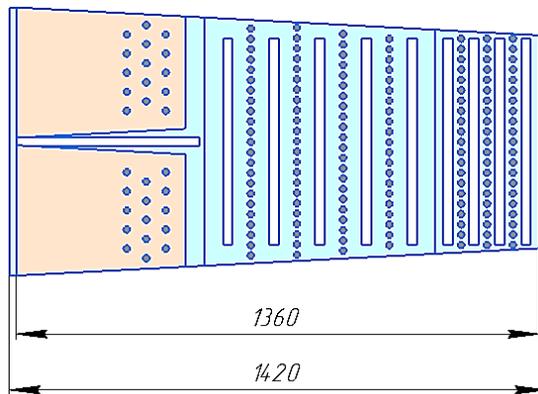
Таблица 4 – Варианты размерных параметров фасонных шипов

Параметр	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
H_a	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0
H_e	6,0	6,3	7,0	8,0	9,0
H_c	4,0	4,0	4,40	5,0	6,0
W_H	1,296	1,296	1,294	1,286	1,296
D_a	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0
D_e	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
D_c	8,0	8,5	9,5	10,2	11,0
W_D	1,295	1,287	1,292	1,290	1,290
Подвид кукурузы	Лопастная	Сахарная	Восковидная	Кремнистая	Зубовидная

Рекомендуемая схема расположения независимых фасонных шипов деки МСУ представлена на развертке верхней и нижней половине деки (рисунки 6).



а – верхняя полудека



б – нижняя полудека с прорезями для отвода обмолоченного зерна

Рис. 6 – Развертка внутренних шипованных поверхностей полудек МСУ

Общее количество шипов МСУ определяется по выражению [3]:

$$Z_{\text{ФШ}} = \frac{q_{\text{Э12}}^n}{\mu_0}, \quad (4)$$

где $q_{\text{Э12}}^n$ – подача початков ОДЗА, кг/с; μ_0 – допустимая подача початков на один шип, кг/с.

Рекомендуемое количество шипов по участкам деки МСУ представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Рекомендуемое количество шипов по участкам деки МСУ

Показатель	Этап обмолота			Примечание
	Начальный	Основной	Домолот	
Рекомендуемая длина участка деки и ротора, мм	$L_{\text{д1}}=L_{\text{р1}}=440$	$L_{\text{д2}}=L_{\text{р2}}=650$	$L_{\text{д3}}=L_{\text{р3}}=270$	В соответствии с вурфом $W=1,29$
Отношение длины участка к общей длине деки, %	32	48	20	
Рекомендуемое минимальное количество шипов, шт.	60...100	100...160	40...70	Для початков кукурузы без листовой обертки $\mu_0=0,003...0,005$ кг/с

Количество шипов следует корректировать пропорционально изменению длины участков при разработке МСУ другого типоразмера.

В результате инженерного расчета формируется рабочий эскиз МСУ (рисунок 7) и его ротора с винтовой навивкой переменного шага (рисунок 8).

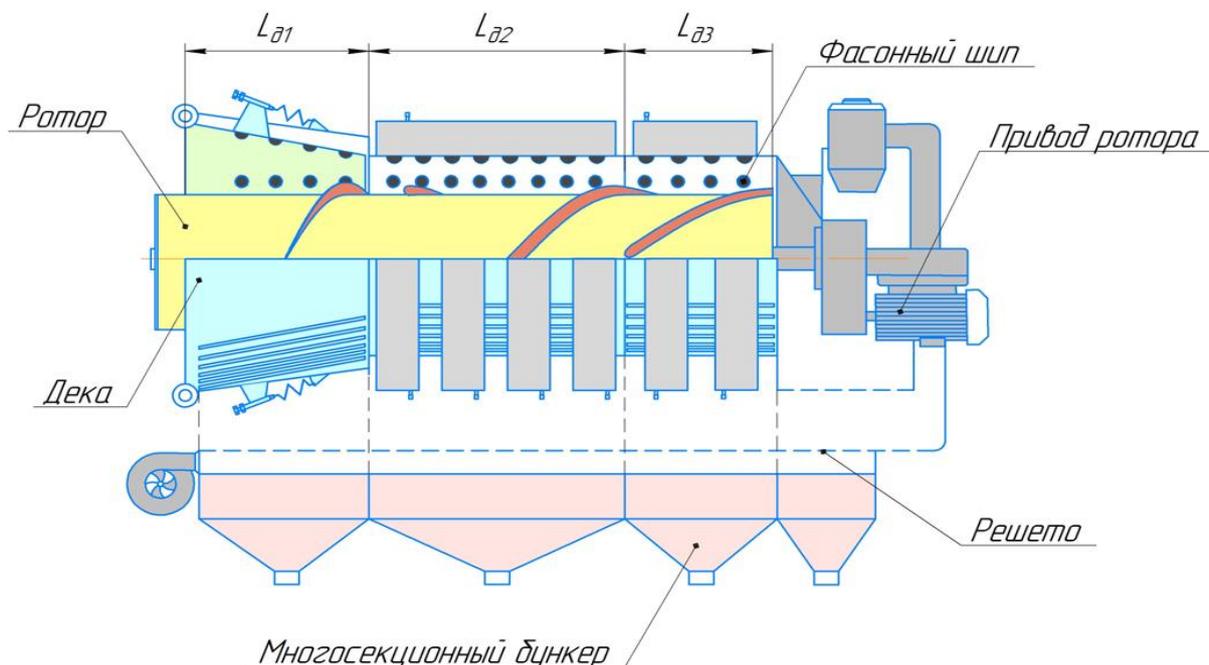


Рис. 7 – Эскизная компоновка аксиально-роторного МСУ

Размерные пропорции деки выражаются вурфом через соотношение:

$$\frac{(L_{\sigma 2} + L_{\sigma 1}) \cdot (L_{\sigma 1} + L_{\sigma 3})}{L_{\sigma 1} \cdot (L_{\sigma 1} + L_{\sigma 2} + L_{\sigma 3})} = 1,29. \quad (5)$$

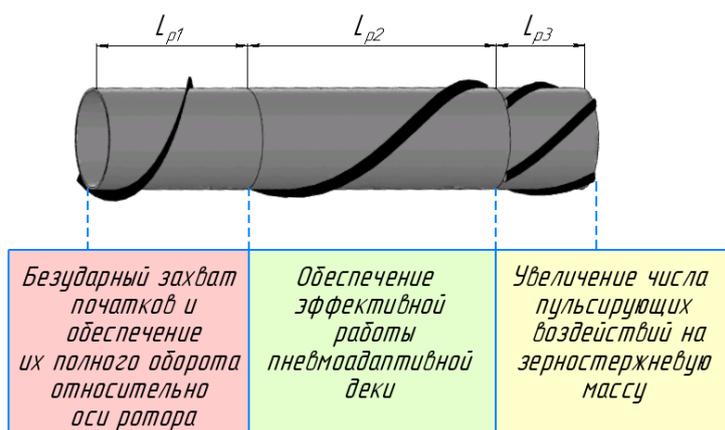
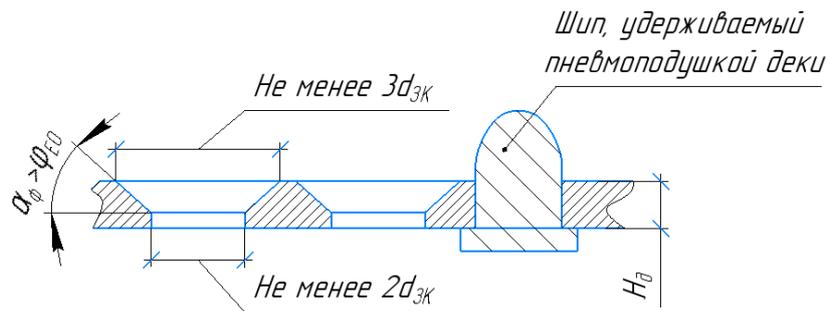


Рис. 8 – Компоновка навивки ротора по зонам обмолота в МСУ

Рациональное значение диаметра основного цилиндра ротора составляет 300...500 мм. Рекомендуемое изменение зазоров между ротором и декой составляет: от входа в зону начального этапа обмолота к выходу из нее - 80...45 мм, от входа в зону основного этапа обмолота к выходу из нее - 45...30 мм, от входа в зону этапа домолота к выходу из нее - 30...17 мм. Величина зазоров связана с биометрическими характеристиками початков кукурузы различных подвидов и регламентирует высоту винтовой навивки.

Рекомендуемое значение угла наклона винтовой линии навивки ротора составляет $45...60^\circ$, что определяет скорость осевого перемещения початков в зазоре СРД при обмолоте [9, 10]. Живое сечение деки характеризуется ее сепарирующей частью, где отверстия для отвода обмолоченного зерна образуют рельефную поверхность, что способствует максимально эффективному истечению зерна из молотильной камеры в накопительный многосекционный бункер МСУ.

Эффективность истечения сквозь сепарирующие отверстия (щели) рельефной деки обусловлена отсутствием сводаобразования в зерне. Для создания требуемого рельефа поверхности деки МСУ сепарирующие отверстия целесообразно выполнять в виде продольных или поперечных щелей с фасками под углом больше угла естественного откоса для зерна кукурузы. Схема поперечного сечения сепарирующих отверстий (щелей) деки МСУ приведена на рисунке 9.



H_0 – конструктивная толщина поперечного сечения несущей пластины деки;
 α_ϕ – угол наклона фаски; ϕ_{EO} – угол естественного откоса зерна кукурузы

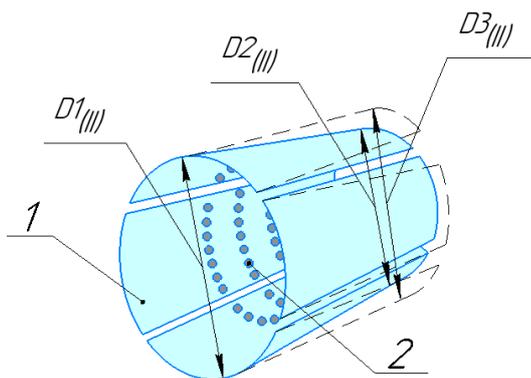
Рис. 9 – Схема поперечного сечения сепарирующих отверстий деки МСУ

Образование сводов в зерне кукурузы исключается при соблюдении условия, что максимальная ширина щели будет не менее $3d_{зк}=21$ мм, а угол наклона фаски α_ϕ будет больше угла естественного откоса ϕ_{EO} , если минимальная ширина щели будет не менее $2d_{зк}=14$ мм.

Адаптивность рабочих органов к различным условиям обмолота в МСУ осуществляется посредством нескольких конструктивных решений.

В зоне начального этапа обмолота задача адаптивности рабочих органов решается посредством применения деки, конструктивно выполненной из нескольких подвижных подпружиненных участков с шипами, создающими коническую воронку с переменным диаметром меньшего основания. Каждый участок такой деки независим, что позволяет дифференцировать силу прижатия початков различного диаметра к рабочим органам МСУ. Рациональное количество подпружиненных участков $Z_{пвд} = 4$ (рисунок 10).

Рекомендуемое прижимное усилие, создаваемое пружинами подвижных подпружиненных участков с шипами, составляет $45...62$ Н. Для этого применяются пружины растяжения жесткостью $3,67$ Н/мм с предварительным натяжением $7...10$ мм, что обеспечивается вращением винта натяжного механизма (рисунок 11).



1 – подпружиненный участок деки с шипами;
 2 – шипы; $D1_{(III)}$ – неизменяемый диаметр большого основания конусной воронки; $D2_{(III)}$ – диаметр меньшего основания конусной воронки до взаимодействия с початками кукурузы; $D3_{(III)}$ – диаметр меньшего основания конусной воронки после взаимодействия с початками кукурузы

Рис. 10 – Схема расположения подпружиненных участков с шипами на части деки, которая посредством взаимодействия с ротором осуществляет первичный этап обмолота



а) – механизм предварительного натяжения пружин в зоне начального этапа обмолота



б) – расположение зон обмолота по длине деки МСУ

Рис. 11 – Исполнительные механизмы адаптивных рабочих органов МСУ

В зоне основного этапа обмолота и домолота задача адаптивности рабочих органов решается путем применения деки с независимыми плавающими шипами прижатые к своему посадочному месту программно-управляемыми пневматическими подушками с гибким дном.

Рациональная схема расположения шипов достигается чередованием продольного и радиального расположения их рядов, что также требует применения радиальных и продольных пневмоподушек (рисунок 12). Такую деку можно считать пневмоадаптивной.



а) – участок деки с радиальными пневмоподушками



б) – участок деки с продольными пневмоподушками

Рис. 12 – Конструктивные особенности для основного этапа обмолота и домолота

Вышеприведенная методика инженерного расчета позволяет проектировать и разрабатывать комплекты технических средств поэтапного обмолота початков семенной кукурузы требуемого типоразмера и производительности для конкретных условий производства.

Перспективное прогнозирование указывает на то, что комплект технических средств для поэтапного обмолота початков семенной кукурузы, рассчитанный с применением предложенной методики инженерного расчета, позволит обеспечить показатель макро- и микроповреждений не более 9% от массы обмолоченного зерна, при этом показатель дробления зерна не превысит 1,5%, недомолот – 1,5%, а сход свободным зерном – 1%.

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

1. Предложенная методика инженерного расчета упрощает разработку комплектов технических средств для поэтапного обмолота початков семенной кукурузы различных подвидов.

2. Рекомендуемые исходные данные и предложенные расчетные формулы позволяют:

- проектировать защитные контейнеры для початков кукурузы объемом 0,55...0,82 м³;
- разрабатывать ОДЗА с производительностью 0,6...2,45 кг/с;
- рассчитывать параметры фасонных шипов по размеру и форме, адаптированные под зерно лопающейся, сахарной, восковидной, кремнистой и зубовидной кукурузы;
- определять требуемое количество шипов для разных участков деки аксиально-роторного МСУ;
- создавать эскизную компоновку аксиально-роторного МСУ в целом и проектировать схему расстановки адаптивных рабочих органов по участкам деки;
- определять рациональные параметры сепарирующих щелей деки, в зависимости от конструктивной толщины поперечного сечения ее несущей пластины.

3. Варианты опорных конструкций вышеописанных технических средств целесообразно применять на практике изменяя размеры так, чтобы сохранялись заданные численные значения вурфов в выражениях (2), (3) и (5).

4. Практическое применение методики инженерного расчета формирует базу для расширения типоразмерного ряда машин в комплектах технических средств для поэтапного обмолота.

Библиография

1. Голик С.М. Механизация уборки, обработки и хранения кукурузы. М. : Колос, 1973. 335 с.
2. Фолькман Е.Н., Березкин В.М. Монография по кукурузе. М. : Колос, 1965. 751 с.
3. Курасов В.С., Куцеев В.В., Самурганов Е.Е. Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы: монография. Краснодар : КубГАУ, 2013. 151 с.
4. Петунина И.А. Обмолот початков кукурузы: монография. Краснодар : КубГАУ, 2006. 200 с.
5. 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.
6. Бахарев Д.Н., Пастухов А.Г., Вольвак С.Ф., Бурнукин А.Е. Научные основы совершенствования технологии поточной обработки кукурузы в початках: монография. п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. 188 с.
7. Бахарев Д.Н., Добрицкий А.А., Вольвак С.Ф., Несвит В.Д. Техническая механика. Курсовое проектирование: Учебное пособие для профессиональных образовательных учреждений. СПб : Издательство «НИЦ АРТ», 2017. 236 с.
8. Буянов А.И., Воронюк Б.А. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. Методы исследования, приборы, характеристики. М.: Колос, 1970. 423 с.
9. Алдошин Н.В., Бердышев В.Е., Малла Бахаа. Обоснование режимов работы аксиально-роторных зерноуборочных комбайнов на уборке смешанных посевов. // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». Вып. 3 (91). 2019. С. 17-22.
10. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. – Т. 12. – № 2. С. 4-8.

References

1. Baharev D.N., Volvak S.F., Pastuhov 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]. Majsij : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. 168 p.
2. Petunina I.A. Obmolot pochatkov kukuruzy [Threshed corncobs]: monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2006. 200 p.
3. Kurasov V.S., Kuceev V.V., Samurganov E.E. Mekhanizaciya rabot v selekcii, sortoispytanii i pervichnom semenovodstve kukuruzy [Mechanization of work in selection, variety testing and primary seed production of maize]: monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2013. 151 p.
4. Folkman E.N., Berezkin V.M. Monografiya po kukuruze. [Monograph on the corn]. M. : Kolos, 1965. 751 p.
5. Golik S.M. Mekhanizaciya uborki, obrabotki i khraneniya kukuruzy [Mechanization of corn harvesting, processing and storage]. M. : Kolos, 1973. 335 p.
6. Baharev D.N., Pastuhov A.G., Volvak S.F., Burnukin A.E. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya tekhnologii potочноj obrabotki kukuruzy v pochatkah [Scientific basis for improving the technology of continuous processing of corn on the cob]: monografiya. p. Majsij : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2021. 188 p.
7. Baharev D.N., Dobrickij A.A., Volvak S.F., Nesvit V.D. Tehnicheskaya mehanika. Kursovoe proektirovanie: Uchebnoe posobie dlya professionalnyh obrazovatelnyh uchrezhdenij. [Technical mechanics. Course design: a textbook for vocational schools]. SPb : Izdatelstvo «NIC ART», 2017. 236 p.
8. Buyanov A.I., Voronyuk B.A. Fiziko-mekhanicheskie svoystva rastenij, pochv i udobrenij. Metody issledovaniya, pribory, karakteristiki [Physical and mechanical properties of plants, soils, and fertilizers. Research methods, instruments, characteristics]. M. : Kolos, 1970. 423 p.
9. Aldoshin N.V., Berdyshev V.E., Malla Bahaa. Obosnovanie rezhimov raboty aksial'no-rotornykh zernouborochnykh kombajnov na uborke smeshannykh posevov. [Justification of the operation modes of axial-rotary combine harvesters for harvesting mixed crops] // Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina». Vyp. 3 (91). 2019. S. 17-22.
10. Zhalnin E.V., Tsench I.U.S., Pianov V.S. Metodika analiza tekhnicheskogo urovnia zernouborochnykh kombainov po funktsionalnym i konstruktivnym parametram [Methodology for analyzing the technical level of combine harvesters by functional and design parameters] // Selskokhoziaistvennyye mashiny i tekhnologii 2018 – T. 12. 2. S 4-8

Сведения об авторах

Пастухов Александр Геннадиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой 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, кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 (4722) 39-12-33, E-mail: baharevdn_82@mail.ru

Information about authors

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

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

УДК 637. 116

В.И. Борозенцев

К РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА ДОЕНИЯ КОРОВ

Аннотация. В статье речь идет значении эффективности функционирования технологической системы машинного доения коров (ТСМД), ее составляющих и целевых функций подсистем функционирования: «оператор – животное», «оператор – доильное оборудование», «доильное оборудование – животное». В статье дано обоснование необходимости разработки манипулятора доения, обеспечивающего автоматизации управления процессом доения и автоматизации выполнения заключительных операций машинного доения коров. Разработан алгоритм управления процессом доения, контролирующей процесс выведения молока и управление режимом доения по каждой доле вымени в отдельности в зависимости от их интенсивности их молокоотдачи. Приводится анализ существующих устройств для автоматизации заключительных операций машинного доения, с различными функциональными особенностями. Обоснована необходимость введения в алгоритм управления процессом доения машинного додаивания – как необходимое условие эффективности функционирования технологической системы машинного доения коров. Для обоснования конструктивных параметров механизма оттягивания каждого доильного стакана в статье приводится схема и принцип действия экспериментальной установки для определения перемещения доильного стакана относительно вымени коровы при вертикальной нагрузке, принцип работы которой основан на тензометрировании и регистрации на ноутбуке исследуемых параметров. Приведены результаты исследований величин перемещения доильного стакана относительно вымени животного от вертикальной нагрузки по долям вымени. Которые свидетельствуют о необходимости разработки конструкции механизма додаивания, обеспечивающего оттягивания по каждой доли вымени индивидуально.

Ключевые слова: доение, молоко, алгоритм управление, вакуум, доильный стакан, механизм додаивания, корова.

TO DEVELOP A MANIPULATOR CONTROL ALGORITHM MILKING COWS

Abstract. The article deals with the importance of the efficiency of the technological system of machine milking of cows (TSMMD), its components and the target functions of the subsystems of functioning: «operator – animal», «operator – milking equipment», «milking equipment – animal». The article substantiates the need to develop a milking manipulator that provides automation of the milking process control and automation of the final operations of machine milking cows. An algorithm for controlling the milking process has been developed that controls the process of milk excretion and control of the milking mode for each udder lobe separately, depending on their intensity of their milk output. The analysis of existing devices for automating the final operations of machine milking, with various functional features, is given. The necessity of introducing machine milking into the milking process control algorithm is substantiated - as a necessary condition for the efficiency of the technological system of machine milking cows. To substantiate the design parameters of the mechanism of pulling each milking cup, the article provides a scheme and the principle of operation of an experimental setup for determining the movement of the milking cup relative to the udder of a cow under vertical load, the principle of which is based on strain measurement and registration of the parameters studied on a laptop. The results of studies of the values of the movement of the milking cup relative to the udder of the animal from the vertical load on the udder lobes are presented. Which indicate the need to develop a design of a doubling mechanism that provides pulling for each udder lobe individually.

Keywords: milking, milk, control algorithm, vacuum, milking cup, milking mechanism, cow.

На продуктивность коров на животноводческих фермах и комплексах влияет не только технология содержания, кормление, микроклимат и другие факторы, но и эффективность функционирования технологической системы машинного доения коров (ТСМД), которая включает животное, доильное оборудование, оператора машинного доения коров и внешнюю среду [1].

Каждый из составляющих технологической системы машинного доения коров, как в отдельности, так и во взаимосвязи, безусловно влияют на молочную продуктивность животных.

Эффективность технологической системы значительно зависит от эффективности возмущающих воздействий, включающие в себя: преддоильные операции по подготовке коровы к доению; воздействие доильного аппарата на молочную железу во время доения и др.

Каждая из подсистем имеет свою целевую функцию управления процессом машинного доения:

$$F_{(t)} = \begin{cases} F_{1(t)} \\ F_{2(t)} \\ F_{3(t)} \end{cases}; \quad (1)$$

где $F_{(t)}$ – целевая функция управления процессом доения; $F_{1(t)}$, $F_{2(t)}$, $F_{3(t)}$ – целевые функции соответственно подсистем эффективности функционирования: «оператор – животное», «оператор – доильное оборудование», «доильное оборудование – животное».

Исследованиями установлено, что эффективность технологической системы машинного доения коров зависит не только от технических характеристик применяемого доильного оборудования и доильных установок, но и от технологических показателей машинного доения, которые в большей степени влияют на технологическую систему, чем их технические характеристики [2].

Своевременное и качественное выполнение заключительных операций машинного доения коров требует от операторов машинного доения постоянного контроля за процессом молокоотдачи у коров. Однако это весьма затруднительно, даже для опытных мастеров машинного доения, так как по объективным и субъективным причинам оператор не всегда своевременно и качественно может выполнить заключительные операции машинного доения, так как одновременно работает с тремя или четырьмя доильными аппаратами. Кроме этого, коровы имеют разную продолжительность доения по вымени в целом и так и по каждой доле вымени в отдельности [3].

Вследствие этого происходит отклонение от заданных режимов функционирования подсистем: оператор – молочная железа; доильный аппарат – молочная железа. Доильный аппарат, вследствие своих конструктивных особенностей, не может воспринимать обратную связь – изменение процесса молокоотдачи животного, а оператор машинного доения по вышеприведенным причинам, не может вовремя воспринять его изменение и своевременно отреагировать. В результате эти отклонения приводят к снижению молочной продуктивности, заболевания маститом, сокращению срока лактации, преждевременному запуску коров и др. Так как по данным исследователей, по вышеуказанным причинам, потеря молока за лактацию составляет от 10-12% [4, 5].

На наш взгляд, процессом машинного доения должен управлять автомат, контролирующий процесс выведения молока и управление режимом доения по каждой доле вымени в отдельности в зависимости от их интенсивности молокоотдачи.

Эффективность применения манипулятора доения будет лишь в том случае, если алгоритм его функционирования обеспечит оптимальное воздействие на молочную железу, в зависимости от изменения процесса молокоотдачи в соответствии с морфологических и функциональных особенностей вымени животных. К основным критериям оптимального управления технологическим процессом машинного доения коров относятся: рост молочной продуктивности; полнота выдаивания; снижение уровня заболевания вымени животных маститом (рисунок 1) [6, 7].

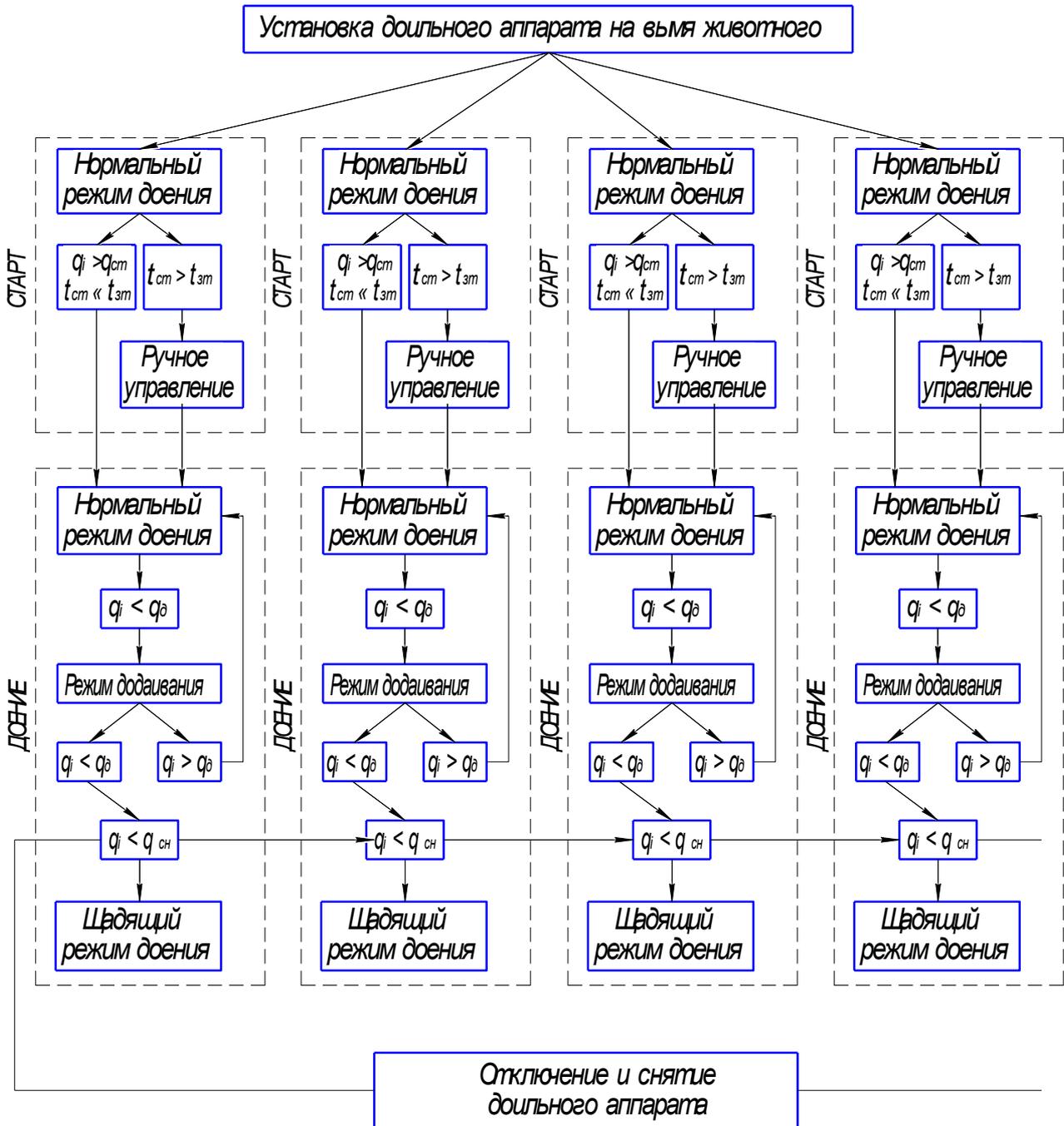


Рис. 1 – Алгоритм управления процессом доения

Представленный алгоритм обеспечивает управление процессом доения по каждой доле вымени в отдельности. При установке доильных стаканов на вымя животное, то есть в начальный момент доения выполняются нормальный режим доения: величина вакуума в подсосковой камере доильного стакана составляет 48 кПа. При этом, если за первые 60 секунд доения, молокоотдача какой-либо из долей не превысила стартовое значение (более 50 мл/мин.), оператор машинного доения вручную устанавливает соответствующий датчик молока в положение «контроль» и проводит массаж доли вымени.

При снижении интенсивности потока молока в какой-либо из долей вымени меньше 200 мл/мин., согласно алгоритму управления, включается режим додаивания – оттягивание доильным стаканом доли вымени с заданным усилием (7 Н) и в сторону его естественного направления соска. Этим самым исключаются болевые ощущения и перекрытия молочного протока между цистерной доли и цистерной соска. Если при этом интенсивность молокоот-

дачи долей вымени увеличивается, то датчик потока молока отключает механизм додаивания, то есть обеспечивается «следящий» управления режимом машинного додаивания.

При снижении интенсивности потока молока, в какой-либо доли вымени ниже 50 мл/мин., регулятор вакуума снижает величину разряжения в соответствующей подсосковой камере доильного стакана до безопасной величины (33 кПа), обеспечивающее лишь удержание доильного стакана на доле вымени. Как только в последней доле вымени интенсивность потока молока снизится до 50 мл/мин., происходит отключение доильных стаканов от вакуума и снятие доильного аппарата с вымени животного.

Вопросом исследования различных автоматизированных устройств для доения, по их функциональным особенностям, занимались многие ученые. Практически у манипуляторов многих зарубежных фирм отсутствует режим машинного додаивания, выполняется только отключение и снятие доильных стаканов по завершению процесса доения. С точки зрения зарубежных специалистов, оттягивания доильных стаканов неэффективно, так как негативно влияет на животных и тем самым вырабатывают у них стереотип доения, заключающийся в неполноте отдачи молока без машинного додаивания. Так как, по их мнению, стабильный вакуум в подсосковом пространстве доильного стакана, качественная сосковая резина, увеличенный объем молокоприемной камеры коллектора (от 200 до 300 см³) и резерв вакуума в молокопроводе, снижают до минимума причины наползания доильных стаканов на соски вымени животных [8].

Однако многочисленными исследованиями установлена необходимость введения в алгоритм управления процессом доения машинного додаивания, обосновывая это тем, что в конце доения внутривыменное давление снижается и под действием наползающего доильного стакана на сосок, происходит смыкание внутренних тканей у его основания. В результате чего цистерна доли вымени не сообщается с цистерной соска и происходит преждевременное окончание доения животного [9, 10, 11].

Необходимость введения машинного доения в алгоритм управления, по мнению многих специалистов, заключается в следующих причинах: нестабильностью вакуумного режима, неравномерностью распределения по долям вымени веса доильного аппарата и др. [2, 12, 13, 14].

Однако ряд исследователей утверждают, что при выполнении машинного додаивания, вследствие длительного оттягивания доильными стаканами долей вымени, у 7,8% коров происходит их атрофия, приводящая к снижению надоев молока на 28%. Более того, вследствие непредсказуемой нагрузки на соски вымени, при продолжительном додаивании – до 0,5 мин., удлинение передних сосков составило 0,5 см, задних 0,3 см и при оттягивании от 0,5 до 1 мин. удлинение сосков составило соответственно 0,47 и 0,6 см [6].

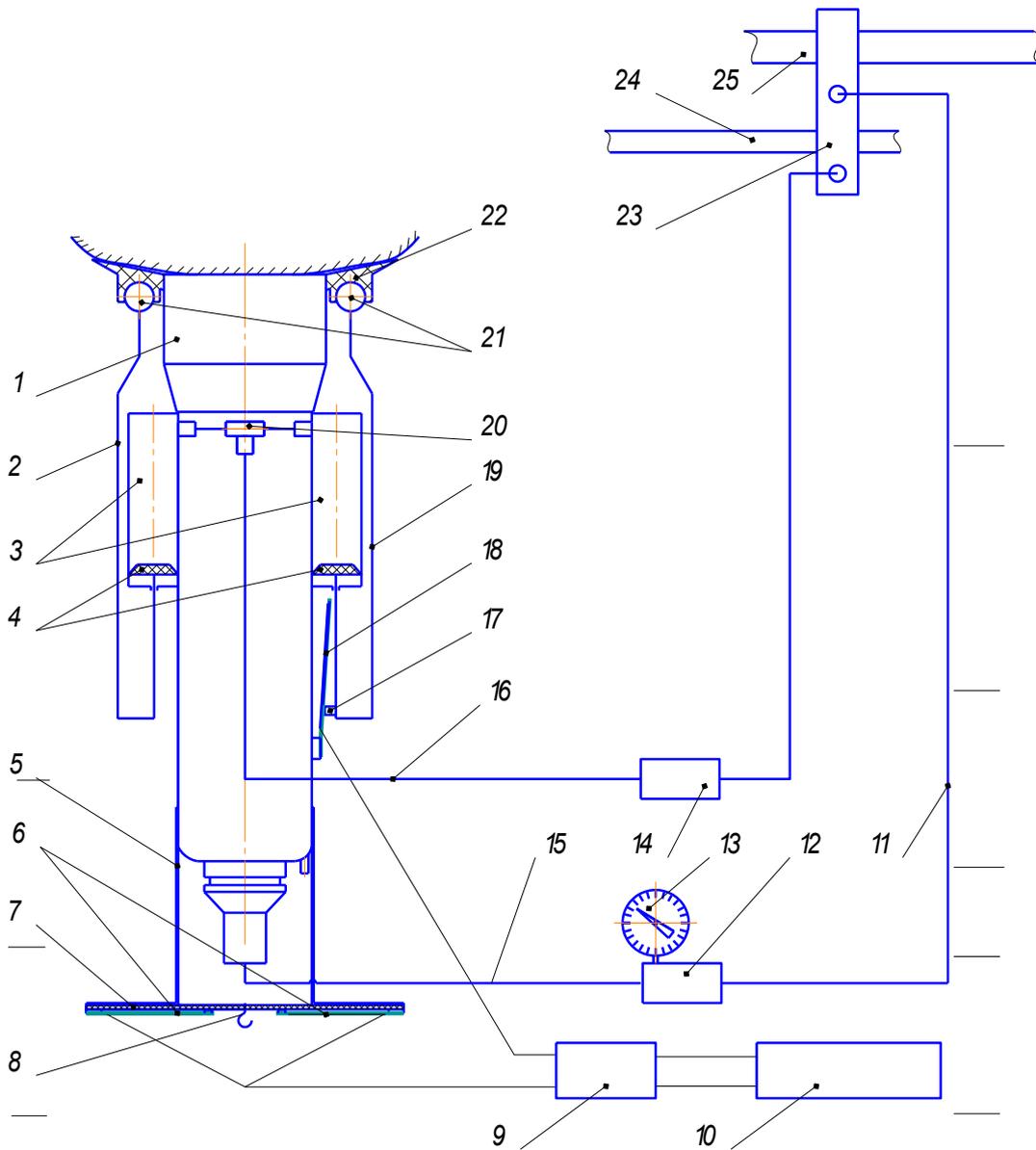
Все же большинство исследователей утверждают целесообразность и эффективность введения в алгоритм управления процессом доения машинное додаивание. Так как своевременно устраняет, из-за наползания доильных стаканов на доли вымени, нарушения в извлечении молока [13].

Следует заметить, что автоматизация заключительных операций машинного доения коров, не только снижают затраты ручного труда и повышают производительность операторов машинного доения, но и повышают безопасность их работы. Статистические данные свидетельствуют, что в животноводстве 52-56% травм связано с воздействием животных и машинное доение является наиболее травмоопасным, так как на его долю приходится 27% травм.

На наш взгляд, введение в алгоритм управления процессом доения машинного додаивания, является необходимым условием, в сложившемся на сегодняшний день уровня механизации и автоматизации процесса машинного доения коров. Однако его введения в алгоритм управления процесса доения требует исследования морфологических и функциональных особенностей долей и вымени коров в целом.

Для обоснования конструктивно-режимных параметров механизма оттягивания в отделе механизации животноводства университета была создана экспериментальная установка,

обеспечивающая путем тензометрирования регистрацию на ноутбуке величины перемещения доильного стакана относительно вымени и усилие при его оттягивания (рисунок 2) [15].



1 – доильный стакан; 2, 19 – тяга; 3 – пневмоцилиндр; 4 – поршень; 5 – кронштейн; 6, 18 – тензоэлемент; 7 – пластина; 8 – тяга; 9 – тензоусилитель; 10 – ноутбук; 11, 16 – вакуумшланг; 12, 14 – вакуумрегулятор; 13 – вакуумметр; 15 – молочный патрубок; 17 – прилив; 20 – тройник; 21 – шарнир; 22 – упор; 23 – кран; 24 – вакуумпровод; 25 – молокопровод

Рис. 2 – Экспериментальная установка для определения перемещения доильного стакана относительно вымени коровы при вертикальной нагрузке

Устройство содержит доильный стакан 1, к которому жестко прикреплены пневмоцилиндры 3, содержащие поршни 4, тяги 2, 19 которые посредством шарниров 21 соединены с упором 22. Пневмоцилиндры 3 посредством тройника 20 вакуумшлангом 16 через регулятор вакуума 14 и крана 23 соединены с вакуумпроводом 24. Тензоэлемент 18 жестко прикреплен к доильному стакану 1 и электрически соединен с тензоусилителем 9 и многоканальным самописцем или ноутбуком 10. В исходном положении прилив 17 тяги 19 лишь касается тензоэлемента 18, не оказывая на него воздействие.

Доильный стакан 1 молочным патрубком 15 через вакуумрегулятор 12, вакуумшланга 11 и крана 23 соединен с молокопроводом 25. Вакуумрегулятор 12 содержит вакуумметр 13.

Пластина 7 своими концами жестко закреплена к держателю 5, который прикреплен к нижней части доильного стакана 1. Снизу к пластине 5 прикреплены тензоэлементы 6, которые электрически соединены с тензоусилителем 9 и многоканальным самописцем или ноутбуком 10. К центру пластины 7 прикреплена тяга 8. В исходном положении упоры тензоэлементов 6 касаются пластины 7.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Перед проведением измерения доильный стакан 1 посредством крана 23 подключают к молокопроводу 25 и вакуумпроводу 24. Устанавливают доильный стакан 1 на сосок вымени и регулятором вакуума 12 устанавливают вакуум доения, равный 48 кПа, который по молочному патрубку 15 поступает в доильный стакан 1. Регулятором вакуума 14 устанавливают такое значение разряжения, которое поступив во вакуумшлангу 16 через тройник 20 в пневмоцилиндры 3, под действием которого поршни 4 через тяги 2, 19 и шарниры 21 создают такое усилие упора 22 на околососковое пространства соска вымени, которое лишь обеспечивает его постоянный контакт с выменем.

Затем к тяге 8 прикладывают нагрузку, от 0 до 10 Н, под действием которой доильный стакан 1 перемещается вниз и оттягивает сосок вымени. При этом пластина 7 прогибается и воздействует через упоры на тензоэлементы 6, вследствие чего они изгибаются.

Одновременно при перемещении доильного стакана 1 относительно вымени вниз упор 22 перемещается вверх, так как вследствие разряжения в пневмоцилиндрах 3 поршни 4 вместе с тягами 2, 19 перемещаются вверх. Причем при перемещении тяги 19 вверх ее прилив 17 воздействует на тензоэлемент 18, изгибая его.

При этом одновременно величина прикладываемой нагрузки к доильному стакану 1 и значение его перемещение относительно вымени, посредством тензоэлементов 6 и 18 вследствие их изгиба и изменения при этом их сопротивления, регистрируется на ленте многоканального самописца или ноутбука 10, через усилитель сигналов, тензоусилителем 9.

В результате проведенных исследований было установлено, что при усилии оттягивания доли вымени 10 Н, величина перемещения доильного стакана относительно вымени животного у отдельных особей достигает до 40 мм.

Был проведен регрессивный анализ исследований, в результате которого получено уравнение зависимости перемещения доильного стакана от усилия оттягивания.

Установлена максимальная разность по перемещению доильного стакана между долями вымени исследуемых коров, которая изменяется в интервале от 2 до 32 мм. Причем, разность до 10 мм – у 19,3%, до 20 мм – у 46,1% и до 30 мм – у 34% коров.

Таким образом, приведенные результаты исследований свидетельствуют о необходимости разработки конструкции механизма додаивания, обеспечивающего оттягивания каждой доли вымени индивидуально.

Выводы. На основании исследований в области известных устройств, обеспечивающих автоматизацию заключительных операций машинного доения коров, разработан алгоритм управления процессом доения.

Для обоснования конструктивно-режимных параметров механизма оттягивания приведена экспериментальная установка, обеспечивающая путем тензометрирования, регистрацию на ноутбуке величины перемещения доильного стакана относительно вымени и усилие при его оттягивании.

Приведены результаты исследований, по перемещению доильного стакана между долями вымени исследуемых коров. Приведенные результаты исследований свидетельствуют о необходимости управления процессом доения по каждой доле вымени индивидуально.

Полученные данные могут быть использованы при разработке устройств для автоматизации заключительных операций машинного доения коров.

Библиография

1. Соловьев С.А., Карташов Л.П. Исполнительные механизмы системы «человек – машина – животное». Екатеринбург : УрОРАН. 2001. 180 с.

2. Карташов, Л.П. Макаровская З.В. Концепция развития доильных аппаратов // Техника в сельском хозяйстве. 2003. № 1. С. 15-18.
3. Кудрин М.Р. Морфофункциональные свойства вымени коров и их молочная продуктивность // Аграрная Россия. 2016. № 4. С. 12-14.
4. Хромова Л.Г., Байлова Н.В., Пилюгина Е. А., Мусенко И.В. Морфологические признаки и функциональные свойства вымени коров основных молочных пород, разводимых в Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (55). С. 89-94.
5. Анисимова Е.И., Катмаков П.С. Оценка морфофункциональных свойств вымени коров симментальской породы разных внутривидовых типов // Вестник Нижегородской сельскохозяйственной академии 2018. № 3. С. 64-68.
6. Бойнович М.К., Линьков Н.С. Элементы автоматизации доения коров // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 1. С. 19-21.
7. Мартынов Е.А., Чехунов О.А., Асыка А.В. Экспериментальные исследования работоспособности манипулятора для доения коров // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4. С. 52-62.
8. Юлдашев Ф.Ф. Эффективность зарубежных манипуляторов доения коров // Международный сельскохозяйственный журнал. 2005. № 5. С. 55-57.
9. Кудрин М.Р., Ижболдина С.Н. Молочная продуктивность коров с учётом морфологических свойств вымени и технологии доения // Главный зоотехник. 2012. № 8. С. 18-21.
10. Ужик В.Ф., Борозенцев В.И. К обоснованию конструктивных параметров автомата доения // XI Международный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных: Казань 2003. С. 49-54.
11. Винников И.К., Бахчевников О.Н., Пахомов Ю.В. Новые способы и средства для комплексной модернизации доения коров в стойлах // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 5. С. 21-25.
12. Ужик В.Ф., Борозенцев В.И. К обоснованию конструкции переносного манипулятора для линейной доильной установке // Материалы XVIII международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и ИТ технологий». п. Майский : Белгородская ГСХА, 2014. С. 199.
13. Винников И.К., Пахомов Ю.В. Универсальный автоматизированный доильный аппарат // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. № 8. С. 30-31.
14. Борозенцев В.И. К модернизации манипулятора доения коров на автоматизированной доильной установке «елочка» // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения», посвященной 40-летию Белгородского ГАУ. п. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. С. 162-168.
15. Патент № 2735955 Российская Федерация, МКИ G 01 B 5/22. Устройство для определения перемещения доильного стакана относительно вымени коровы при вертикальной нагрузке. / Заявители: В.Ф. Ужик, В.И. Борозенцев – 2020111862/12; заяв. 23.03.2020; опубл. 14.11.2020 г., Бюл. №17. 6 с.: ил.

References

1. Solov'ev S.A., Kartashov L.P. Ispolnitel'nye mekhanizmy sistemy «chelovek – mashina – zhivotnoe». [Executive mechanisms of the «man – machine – animal» system]. Ekaterinburg: UrORAN. 2001. 180 s.
2. Kartashov, L.P. Makarovskaya Z.V. Konceptiya razvitiya doil'nyh apparatov [The concept of development of milking machines] // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2003. № 1. S. 15-18.
3. Kudrin M.R. Morfofunkcional'nye svojstva vymeni korov i ih molochnaya produktivnost' [Morphofunctional properties of cow udders and their milk productivity] // Agrarnaya Rossiya. 2016. № 4. S. 12-14.
4. Hromova L.G., Bajlova N.V., Pilyugina E. A., Musenko I.V. Morfologicheskie priznaki i funkcional'nye svojstva vymeni korov osnovnyh molochnyh porod, razvodimyh v Voronezhskoj oblasti [Morphological features and functional properties of the udder of cows of the main dairy breeds bred in the Voronezh region] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 4 (55). S. 89-94.
5. Anisimova E.I., Katmakov P.S. Ocenka morfofunkcional'nyh svojstv vymeni korov simmental'skoj породы raznyh vnutripородnyh tipov [Assessment of morphofunctional properties of udder of cows of Simmental breed of different intrabreed types] // Vestnik Nizhegorodskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 3. S. 64-68.
6. Bojnovich M.K., Lin'kov N.S. Elementy avtomatizacii doeniya korov [Elements of automation of milking cows] // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2011. № 1. S. 19-21.
7. Martynov E.A., Shekhunov O.A., Asyka A.V. Eksperimental'nye issledovaniya rabotosposobnosti manipulyatora dlya doeniya korov [Experimental studies of the operability of a manipulator for milking cows] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2019. № 4. S.52-62.
8. YUldashev F.F. Effektivnost' zarubezhnyh manipulyatorov doeniya korov [Efficiency of foreign manipulators of milking cows] // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2005. № 5. S. 55-57.
9. Kudrin M.R., Izhboldina S.N. Molochnaya produktivnost' korov s uchyotom morfologicheskikh svojstv vymeni i tekhnologii doeniya [Dairy productivity of cows taking into account the morphological properties of the udder and milking technology] // Glavnyj zootekhnik. 2012. № 8. S. 18-21.
10. Uzhik V.F., Borozencev V.I. K obosnovaniyu konstruktivnyh parametrov avtomata doeniya [To the rationale of the design parameters of machine milking] // HI Mezhdunarodnyj simpozium po mashinnomu doeniyu sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh: Kazan' 2003. S. 49-54.

11. Vinnikov I.K., Bahchevnikov O.N., Pahomov YU.V. Novye sposoby i sredstva dlya kompleksnoj modernizacii doeniya korov v stojlah [New methods and tools for complex modernization of milking of cows in stalls] // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2012. № 5. S. 21-25.

12. Uzhik V.F., Borozencev V.I. K obosnovaniyu konstrukcii perenosnogo manipulyatora dlya linejnoj doil'noj ustanovke [To substantiate the design of a portable manipulator for a linear milking installation] // Materialy XVIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy i perspektivy innovacionnogo razvitiya agroinzhenierii, energoeffektivnosti i IT tekhnologij». p. Majskij : Belgorodskaya GSKHA, 2014. S. 199.

13. Vinnikov I.K., Pahomov YU.V. Universal'nyj avtomatizirovannyj doil'nyj apparat [Universal automated milking machine] // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2011. № 8. S. 30-31.

14. Borozencev V.I. K modernizacii manipulyatora doeniya korov na avtomatizirovannoj doil'noj ustanovke «elochka» [To the modernization of the manipulator of milking cows on the automated milking unit «herringbone»] // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy agroinzhenierii i puti ih resheniya», posvyashchennoj 40-letiyu Belgorodskogo GAU. p. Majskij : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. S. 162-168.

15. Patent № 2735955 Rossijskaya Federaciya, MKI G 01 B 5/22. Ustrojstvo dlya opredeleniya peregresheniya doil'nogo stakana odnositel'no vymeni korovy pri vertikal'noj nagruzke [A device for determining the displacement of the milking cup relative to the udder of a cow under vertical load] / Zayaviteli: V.F. Uzhik, V.I. Borozencev – 2020111862/12; zayav. 23.03.2020; opubl. 14.11.2020 g., Byul. № 17. 6 s.: il.

Сведения об авторе

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

Information about the author

Borozentsev Vladimir Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. 8(4722) 38-19-48, e-mail: borozensev_v@mail.ru

УДК 631.363.285

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ШНЕКОВОМ ПРЕССЕ

Аннотация. В статье приведены экспериментальных исследований шнекового пресса для отжима свекловичного жома, который применяется в энергосберегающей безотходной технологии переработки свекловичного жома с последующей его сушкой. Для проведения исследований использовались установки для определения закономерностей обезвоживания жома, для определения коэффициентов трения под давлением, также для определения вязкости под давлением. Проведенные исследования позволили выявить физико-механические свойства свекловичного жома и определить зависимости плотности от влажности и давления. В результате проделанных опытов были найдены значения коэффициентов внутреннего - $f_{вн} = 0,8$ и внешнего трения - $f_{сн} = 0,62$, а также вязкость свекловичного жома - $\eta = 5,5$ Нс/м². Были получены результаты изменения давления $P_{уд} = 1...2$ МПа от длины шнека $l = 1...5$ м и величины площади сечения выходного отверстия $R = 1...11$ см², а также зависимости между давлением и температурой отжатой массы $t = 30...60$ °С, и между давлением, производительностью $Q = 30...100$ кг/ч и расходом энергии $\Theta = 30...90$ кВт·ч/т. Установленные зависимости (давление, необходимое для сжатия материала $P = 1...2$ МПа от его начальной $\rho_0 = 1055$ кг/м³ и максимальной плотности $\rho_{max} = 1075$ кг/м³; конечной плотности материала $\rho_k = 1070$ кг/м³ от его начальной $\rho_0 = 1055$ кг/м³ и максимальной плотности $\rho_{max} = 1075$ кг/м³, а также от времени выдержки материала $t = 60$ с под давлением; релаксации напряжений от максимального давления $P_{max} = 2$ МПа; изменения давления со стороны сжимаемого материала на поршень в период восстановления материала) позволяют определить нагрузки на рабочие органы различных машин, предназначенных для сжатия материалов, за полный цикл сжатия. Результаты проведенных экспериментальных исследований являются базой для разработки методики технологических, энергетических и прочностных расчетов рабочих органов машин, применяемых в сельскохозяйственном производстве для прессования различного сырья, в частности, для шнековых прессов.

Ключевые слова: жом, пресс, прессование, шнековый пресс, вязкость.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WORKING PROCESS OF PRESSING THE BEET PULP IN THE SCREW PRESS

Abstract. The article presents experimental studies of a screw press for pressing sugar beet pulp, which is used in energy-saving waste-free technology for processing sugar beet pulp with its subsequent drying. To carry out the research, the equipment was used to determine the regularities of pulp dehydration, to determine the coefficients of friction under pressure, and also to determine the viscosity under pressure. The studies carried out made it possible to reveal the physical and mechanical properties of beet pulp and to determine the dependence of the density on humidity and pressure. As a result of the experiments performed, the values of the coefficients of internal friction - $f_w = 0,8$ and external friction - $f_{st} = 0,62$, as well as the viscosity of beet pulp - $\eta = 5,5$ Ns/m² were found. The results of changes in pressure $P_{sp} = 1...2$ MPa on the length of the screw $l = 1...5$ m and the cross-sectional area of the outlet $R = 1...11$ cm², as well as the relationship between the pressure and temperature of the pressed mass $t = 30...60$ °C, and between pressure, productivity $Q = 30...100$ kg/h and energy consumption $E = 30...90$ kWh/t. The established dependencies (pressure required to compress the material $P = 1...2$ MPa from its initial $\rho_0 = 1055$ kg/m³ and maximum density $\rho_{max} = 1075$ kg/m³; final material density $\rho_k = 1070$ kg/m³ from its initial $\rho_0 = 1055$ kg/m³ and maximum density $\rho_{max} = 1075$ kg/m³, as well as on the material holding time $t = 60$ s under pressure; stress relaxation from the maximum pressure $P_{max} = 2$ MPa; pressure changes from the side of the compressed material to the piston during the material recovery period) allow you to determine the loads on the working bodies of various machines designed for compression of materials for a full compression cycle. The results of the experimental studies carried out can serve as the basis for the development of a methodology for technological, energy and strength calculations of various working bodies of machines used in the agricultural industry for pressing various raw materials, and in particular for screw presses.

Keywords: pulp, press, pressing, screw press, viscosity.

В задачу экспериментальных исследований входило проверка теоретических положений, выявление ряда физических величин и значений коэффициентов, а также обоснование оптимальных параметров и режимов работы предложенного пресса [1].

В соответствии с поставленной задачей работа выполнялась по следующей программе:

- выявление физико-механических свойств свекловичного жома и определение зависимостей плотности от влажности и давления;

- описание экспериментальной установки для определения закономерностей обезвоживания жома;
- описание экспериментальной установки для определения коэффициентов трения под давлением;
- описание экспериментальной установки для определения вязкости под давлением;
- методика оптимизации основных параметров шнекового пресса.

Фракционный состав свекловичного жома определялся по длине, ширине и толщине частиц. Методикой предусматривалось изучение свойств жома при относительной влажности от 60% до 90%.

Навеска жома была равна 1100 г. Взвешивание фракций каждого класса проводилась на технических весах, и проводилось их процентное содержание.

Описание экспериментальной установки для определения закономерностей обезвоживания жома. Проведенные теоретические исследования по выявлению закономерностей обезвоживания жома требуют получения эмпирических коэффициентов для уточнения зависимостей давления от плотности материала. Для выявления значений коэффициентов нами была разработана экспериментальная установка (рисунок 1).

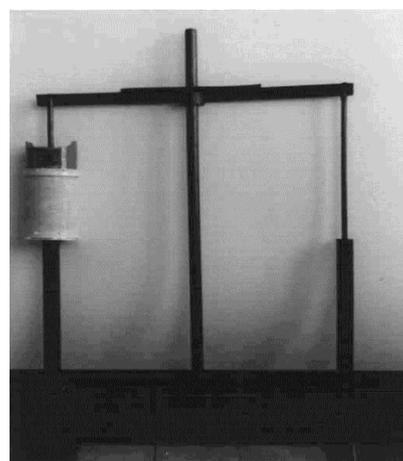
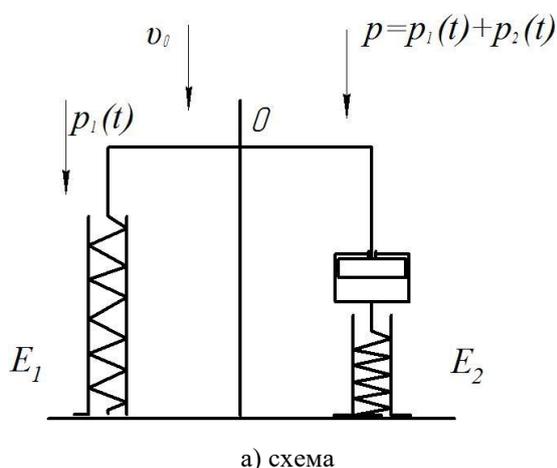


Рис. 1 – Экспериментальная установка для определения закономерностей обезвоживания жома

Экспериментальная установка, изображенная на рисунке 1, состоит из: станины 1, на которой расположен направляющий стержень 7 для осевого перемещения грузов 6. Возвратная пружина 2 для возврата установки в начальное состояние, и пружины 3, для возврата в начальное состояние поршня 5. Катаракта-матрица 4 и поршень 5, расположены на одной оси с пружиной 3.

Экспериментальная установка работает следующим образом. Исследуемый материал загружают в перфорированную матрицу 4, для чего с помощью возвратных пружин 2 и 3 отводят верхнюю часть установки. Совмещая оси поршня 5 и матрицы 4, прикладывают нагрузку с помощью грузов 6. Приложение нагрузки осуществляется до того момента, когда исследуемый материал перестает выделять жидкую фракцию. Исследуемый материал, загружаемый в катаракту-матрицу 4, взвешивали на весах. Также определяли конечную плотность материала и взвешивали количество выделенной влаги. Опыты производили в четырехкратной повторности. Определение плотности производилось в цилиндре матрицы с размерами: диаметром 120 мм и высотой 170 мм. Давление в цилиндре 4 создавалось с помощью грузов устанавливаемых на площадку 8.

Плотность в каждом интервале давлений рассчитывалось по формуле [2-5]:

$$\rho = \frac{4G}{\pi d^2 h}, \quad (1)$$

где G – вес материала в цилиндре, кг; h – высота материала в цилиндре, м; d – диаметр цилиндра, м.

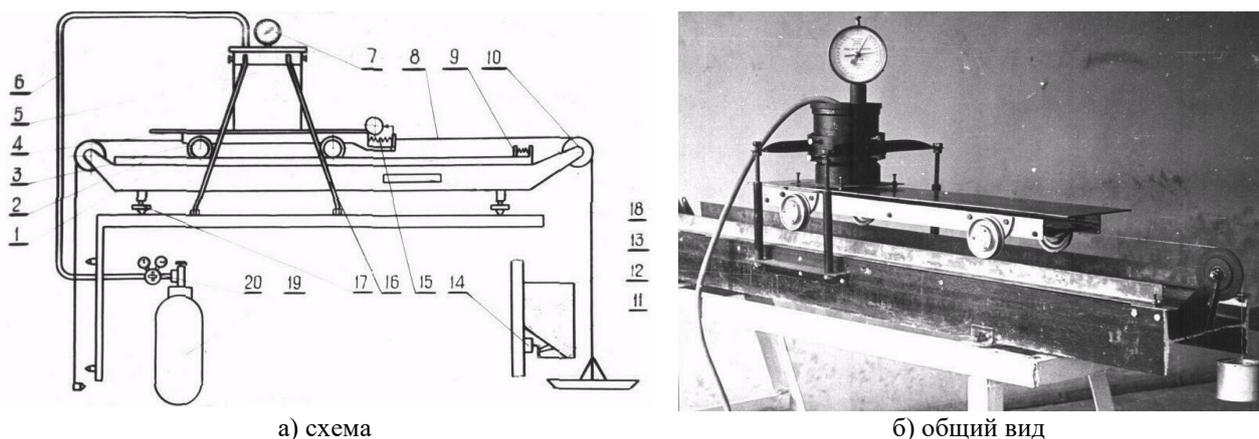
Для определения влажности жома бралась проба весом 100 г, из которой выделялись навески по 10 г. Навески помещались в предварительно просушенные бюксы, куда соответственно весовым содержанием жома и воды от 1:1 до 1:3 с интервалом 0,25 наливали воду и тщательно перемешивали. Бюксы со смесью помещались в сушильный шкаф, где смесь предварительно просушивалась при $t=60...70^{\circ}\text{C}$ в течение 3...4 часов, а затем при $t=105^{\circ}\text{C}$ высушивалась до постоянного веса. Высушенные бюксы с жомом вынимались из шкафа, закрывались крышками и охлаждались при комнатной температуре в течение 15...20 минут, взвешивались, и так повторяли 3 раза. Количество влаги, содержащейся в жоме, находилось путем разности между первым до сушки и последним после сушки взвешиванием. Процентное содержание влаги определялось по формуле:

$$W = \frac{G_n - G_{nn}}{G_n} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где G_n – вес навески до сушки, кг; G_{nn} – вес навески после сушки, кг.

Определение влажности жома производилось перед постановкой каждого опыта и по его окончании.

Описание экспериментальной установки для определения коэффициентов трения жома под давлением. Величина пристенного скольжения и предельного сопротивления сдвига зависит от многих причин. Наибольшее влияние на них оказывает влажность, фракционный состав, температура жома, давление. Определение коэффициента пристенного сопротивления сдвига жома проводилось с помощью специально изготовленной установки (рисунок 2).



1 – станина; 2 – направляющие; 3 – тележка; 4 – поверхность трения; 5 – цилиндр; 6 – шланг; 7 – манометр; 8 – шнур; 9 – амортизационный упор; 10 – блок; 11 – чашка грузовая; 12 – отверстие калиброванное; 13 – бункер; 14 – реле тяговое; 15 – динамограф; 16, 17 – стойки; 18 – уровень; 19 – баллон; 20 – редуктор

Рис. 2 – Схема установки для определения коэффициентов трения жома под давлением

Установка для определения коэффициента пристенного скольжения и предельного напряжения сдвига состояла из неподвижной станины 1, по направляющим 2 которой двигалась тележка 3. Тележка соединялась с грузовой чашкой 11 шнуром 8, перекинутым через блок 10. На тележке закреплялась поверхность трения 4. Испытуемый жом загружался в отшлифованный цилиндр 5, устанавливаемый над тележкой с малым зазором над поверхностью трения на регулируемых стойках 16. Необходимое нормальное напряжение жома на поверхность трения достигалось при помощи сжатого воздуха, подаваемого под крышку цилиндра по шлангу 6 из баллона 19 через редуктор 20, а контролирование за давлением в цилиндре осуществлялось по манометру 7. Горизонтальное положение трущихся материалов производилось установочными 17 и регулируемые стойками 16 по уровню 18, а необходимый зазор между цилиндром и поверхностью трения – при помощи калиброванных пластин. На поверхности трения определялись предельное напряжение сдвигу и коэффициент пристенного скольжения во время движения.

Для определения внутреннего трения жом вместо поверхности трения на тележку устанавливался цилиндр такого же диаметра, как и верхний, но с дном.

Методика определения внутреннего предельного напряжения сдвига и предельного напряжения по поверхности трения заключалась в фиксации момента начала движения тележки и величины груза.

Для проведения опыта вначале определялся груз, необходимый для момента трогания тележки с места с закрепленной на ней поверхностью трения, с учетом необходимого давления на оси качения. Затем над этой поверхностью устанавливался цилиндр с необходимым зазором, наполненный исследуемым жомом, и создавалось нужное давление с помощью сжатого воздуха, поступающего из баллона через редуктор. По истечении некоторого времени из бункера 13, заполненного песком, через калиброванное отверстие 12 песок плавно высыпался в чашку. Когда вес песка в чашке достигал критического значения, и тележка трогалась с места, тяговое реле 14 автоматически с помощью заслонки закрывало отверстие, и песок прекращал поступать в чашку. Одновременно с этим включалась световая сигнализация. Вес песка определялся на технических весах с точностью до 0,1 г.

Нормальное сжимающее давление на поверхности трения или у места внутреннего сдвига определялось из выражения:

$$p = P + \frac{G_{нав}}{S_0}, \quad (3)$$

где P – давление воздуха, Па; $G_{нав}$ – вес навески жом, кг; S_0 – площадь геометрического контакта, м².

Как известно, величина коэффициента внешнего трения обычно определяется из закона Амонтона, согласно которому:

$$F = fp, \quad (4)$$

где F – сила трения, Н; f – коэффициент трения; p – нормальное давление, Па.

Однако, как показали исследования ряда авторов, для дисперсных систем вследствие явления прилипания этот закон неприемлем. Поэтому в действительности сила трения достигает значительно большей величины, чем касательная сила трения, определяемая по формуле Амонтона [6-10].

Имея в виду силу прилипания или сцепления, Кулон дал новое выражение закона трения:

$$F = fp + c. \quad (5)$$

В формуле (5) второй член c не раскрывает физической сущности и не зависит от площади контакта и нагрузки. Б.В. Дерягин [2] на основании молекулярной теории трения, используя вывод уравнения Амонтона-Кулона, дал выражение закона трения с учетом сил молекулярного сцепления.

$$F = f(P + N_0), \quad (6)$$

или

$$F = f(P + K_0 S_0), \quad (7)$$

где f – истинный коэффициент трения; K_0 – константа размерности удельного давления, выражающая интенсивность сил молекулярного притяжения; S_0 – площадь истинного контакта.

Основываясь на вышеуказанных законах, коэффициент внешнего трения кормовых смесей мы определяли с помощью формулы

$$\tau = fp + c; \quad (8)$$

$$f = \frac{\tau - c}{p}, \quad (9)$$

где τ – сдвигающее усилие; p – нормально-сжимающее давление, определяемое по формуле (3); f – коэффициент трения; c – начальный участок прямой, определяющий часть сопротивления сдвигу, называемый удельным прилипанием.

Величина сдвигающего усилия τ определялась из выражения

$$\tau = \frac{G_{нec} - T_c}{S_0}, \quad (10)$$

где $G_{нec}$ – вес песка, необходимый для трогания загруженной тележки; T_c – суммарное сопротивление от вращения блока и собственного движения тележки.

Коэффициент трения движения определяется таким же образом, за исключением того, что чашка загружалась песком сейчас же после установки цилиндра и поверхности трения в рабочее положение и, кроме того, начало движения тележки облегчалось путем принудительного трогания ее с места, что вызывало разрушение молекулярных связей или ликвидировалось влияние прилипания. Соответствующей величиной груза и, следовательно, соответствующей величиной коэффициента трения движения считалась та, при которой тележка проезжала весь возможный путь с устойчивой равномерной скоростью (0,25 м/с). Вычисление коэффициента трения движения производилось из формулы (4).

Методикой определения коэффициента пристенного скольжения от скорости было предусмотрено фиксирование времени установившегося движения по исследуемой поверхности определенной длины и силы трения. С целью выяснения влияния скорости скольжения на величину этого коэффициента она изменялась в широких пределах.

Опыт проходил следующим образом. Тележка с закрепленной поверхностью трения устанавливалась относительно цилиндра в переднее крайнее положение. На грузовую чашку устанавливался первый груз, равный тому, при котором был зафиксирован коэффициент трения движения. Тележка принудительно сдвигалась с места и двигалась до установившегося равномерного движения. На участке равномерного движения был выбран отрезок пути, на котором определялось время его прохождения. Затем устанавливался груз, при котором был определен коэффициент трения покоя, и опыт повторялся. Для определения коэффициента пристенного скольжения от скорости величины грузов изменялись в желаемых пределах.

Сила трения при этих опытах определялась по диаграмме, которая записывалась динамографом 15 (рисунок 2), установленным между тележкой и тяговым шнуром. На диаграмме выбирался участок установившегося движения. Величина силы трения на этом участке подсчитывалось по формуле:

$$F_{тр.скол.} = h_{cp} \omega, \quad (11)$$

где $F_{тр.скол.}$ – сила трения скольжения; h_{cp} – средняя ордината диаграммы; ω – масштаб пружины динамографа.

Средняя ордината h_{cp} на отрезке установившегося движения определялась из выражения

$$S_1 = h_{cp} l = \int_0^l h_0 dl, \quad (12)$$

откуда

$$h_{cp} = \int_0^l \frac{h_d dl}{l} = \frac{S_1}{l}, \quad (13)$$

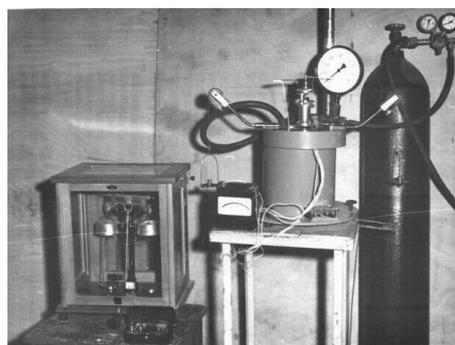
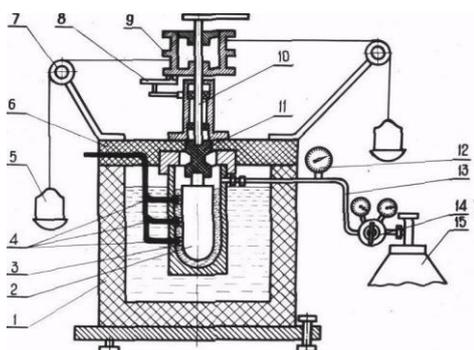
где h_d – мгновенное значение усилия динамометра; S_1 – искомая площадь диаграммы.

Площади диаграммы определялись с помощью планиметра, а разность между площадями рабочей S_p и холостого хода S_x тележки и давала искомую площадь диаграммы S_1

$$S_1 = S_p - S_x. \quad (14)$$

Описание экспериментальной установки для определения вязкости жома под давлением. Для исследования вязкости и предельного напряжения сдвига под давлением жома, был переоборудован вискозиметр РВ-8 системы профессора М.П. Воларовича по схеме, предложенной Н.А. Манидиным. Общий вид такой установки, схема и комплект рабочих цилиндров показаны на рисунках 3 и 4.

Изучение вязкости и предельного напряжения сдвига жома жидкой консистенции производилось на установке, показанной на рисунке 3. Основными частями ее были: сменный вращающийся внутренний цилиндр 2, неподвижный наружный цилиндр 3, теплоизоляционная муфта 11, ось вращения 10, барабан 9, термопары 4, термостат 1, блоки 7, грузовые чашки 5, тормозное устройство 8, крышка термостата 6. Необходимое давление в цилиндре 3 создавалось за счет сжатого воздуха, подаваемого из баллона 15 по шлангу 13 через редуктор 14. Контроль над рабочим давлением осуществлялся по манометру 12, установленным в непосредственной близости к цилиндру.



а) схема

б) общий вид

- 1 – термостат; 2 – цилиндр внутренний; 3 – цилиндр наружный; 4 – термопары; 5 – чашки грузовые; 6 – крышка термостата; 7 – блоки; 8 – тормозное устройство; 9 – барабан; 10 – ось вращения; 11 – муфта теплоизоляционная; 12 – манометр; 13 – шланг; 14 – редуктор; 15 – баллон

Рис. 3 – Установка для определения вязкости жома под давлением

Для проведения опыта снималась крышка термостата с укрепленными на ней основными узлами вискозиметра. Наружный цилиндр вынимался из гнезда и заполнялся испытуемой массой. Заполненный цилиндр устанавливался вместе с крышкой на свои места, а в термостат через отверстие в крышке заливалась термостатирующая жидкость (мы использовали в опытах воду) и включался нагревательный элемент, если была в этом необходимость. При прогреве жидкости и образца до нужной температуры, замеряемой соответственно термометром и термопарами с гальванометром, на обе грузовые чашки устанавливались одинаковые грузы. В цилиндре 3 через кран редуктора подавался сжатый воздух до необходимого давления, контролируемого манометром 12, растормаживался барабан 9, что приводило внутренний цилиндр 2 во вращательное движение. Секундомером определялось время вращения цилиндра и подсчитывалось число оборотов его в секунду. Опыты проводились в четырехкратной повторности при различных грузах.

Сменные цилиндры были разными по диаметру и рабочей поверхности. Для определения внутреннего трения жома использовались цилиндры с рифленой поверхностью (рисунок 4).

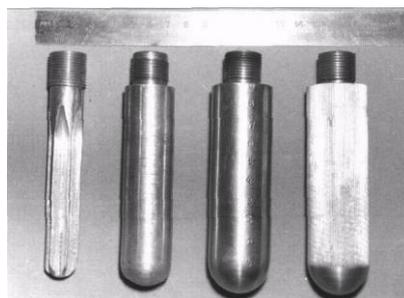


Рис. 4 – Комплект сменных рабочих цилиндров вискозиметра

Динамическая вязкость η в паузах вычислялось по формуле:

$$\eta = k \frac{G - T_c}{n}, \quad (15)$$

где G – груз, вращающий цилиндр вискозиметра (точнее сумма двух грузов, подвешенных на обеих нитях прибора); T_c – суммарное сопротивление вращения блоков, подшипников, цилиндра, которое и соответствует грузу 1...2 г; k – константа, которая подсчитывалась следующим образом по зависимости

$$k = \frac{Rg}{8\pi^2 \left(\frac{hr_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} + \frac{r_1^3 r_2^3}{r_2^3 - r_1^3} \right)}, \quad (16)$$

где R – радиус шкива, на который намотана нить; r_1 – радиус внутреннего цилиндра и полушеры; r_2 – радиус распределения сдвига; h – высота внутреннего цилиндра, погружаемого в смесь; g – ускорение силы тяжести.

Предложенное сопротивление сдвигу τ вычислялось по формуле:

$$\tau = k_1 (G_1 - T_c), \quad (17)$$

где G_1 – минимальный груз, при котором начинается вращение цилиндра; k_1 – константа, определяется по следующему выражению:

$$k_1 = \frac{Rg}{2\pi r_1^2 h + \frac{hr_1^3}{2}}. \quad (18)$$

Величина h в зависимости от давления определялась на установке, показанной на рисунке 3, но при этом в крышку цилиндра 3 ввертывался тот сменный цилиндр, который использовался при опытах с вискозиметром, а в неподвижный цилиндр 1 заливалась смесь, аналогичная исследуемой, в том же количестве.

В практическом использовании чаще всего встречается жом различной влажности очень в больших пределах, а поэтому поставленная нами задача по изучению влияния ее на физико-механические свойства является актуальной. Влажность жома определялась по методике, предусмотренной ГОСТ 13496.8-72.

Выявление физико-механических свойств свекловичного жома и определение зависимостей плотности от влажности и давления. Приготовление кормовых материалов должно быть в любом случае обусловлено зоотехническими требованиями. Конечной оценкой качества приготовления кормов является биологическая оплата корма, т.е. величина продуктивности животных от его скармливания. При производстве кормов для сельскохозяйственных животных и птицы используются специальные зоотехнические требования для комплексной механизации животноводческих ферм [10]. Согласно этим требованиям, крупность измельчения корнеплодов для откорма свиней не должна превышать 10 мм. Допустимая степень загрязнения после мытья должна быть не более 3%.

Процесс обезвоживания свекловичного жома требует знания его физико-механических свойств. Поэтому расчеты прессующих устройств, т.е. определение оптимальных конструктивных параметров и режимов работы немыслимы без знания тех свойств кормового материала, который обуславливает характер его взаимодействия с рабочими органами или средством воздействия того или иного устройства. Для проектирования таких установок, применяемых для обезвоживания жома необходимо знать их реологические свойства и, в первую очередь, величину предельного сопротивления сдвига, вязкости, коэффициента пристенного скольжения. На физико-механические свойства свекловичного жома оказывает существенное влияние многие факторы, основными из которых являются: влажность, давление, температура, гранулометрический и фракционный состав и др. Поэтому определение физико-механических свойств свекловичного жома при исследовании характера обезвожи-

вания (методом прессования) является важной необходимостью. Качественными показателями характеризующие биологическую сторону свекловичного жома были даны в работах различных ученых [12, 13].

Характеристика свекловичного жома по распределению веса частиц по классам отображены в виде вариационных кривых на рисунках 5 и 6.

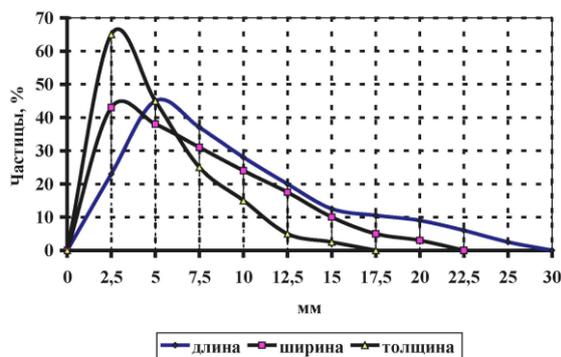


Рис. 5 – Вариационные кривые распределения частиц свекловичного жома по линейным размерам

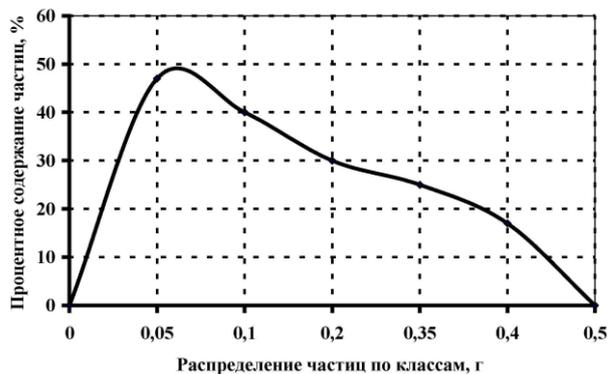


Рис. 6 – Вариационная кривая распределения частиц свекловичного жома по весу

Проведенные исследования по определению зависимости плотности свекловичного жома от влажности и удельного давления, позволили заключить, что плотность жома (в интервале влажности при соотношении компонентов к воде от 1:1 до 1:3) с увеличением влажности уменьшается.

Характер изменения плотности от влажности и удельного давления свекловичного жома показан на рисунках 7 и 8.

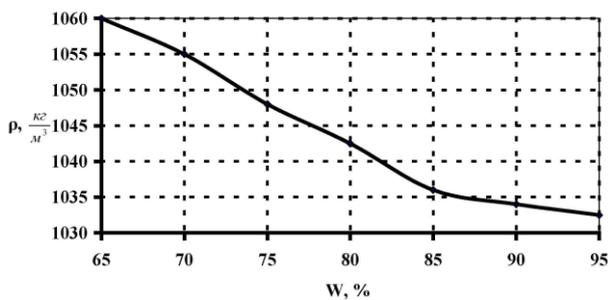


Рис. 7 – Зависимость плотности от влажности свекловичного жома при нормальном атмосферном давлении

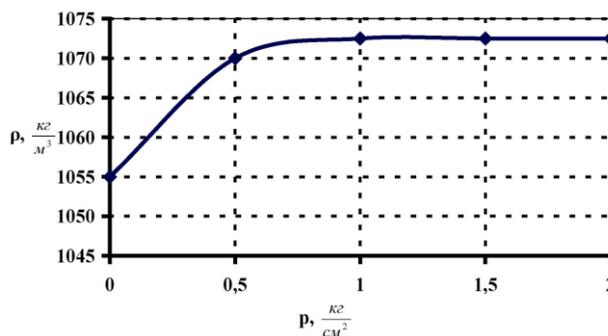


Рис. 8 – Зависимость плотности свекловичного жома от давления (влажность жома 70 %)

Как видно из графика, величина плотности для свекловичного жома вначале изменяется по прямолинейной зависимости до влажности 80%, при дальнейшем увеличении влажности она переходит в кривую, асимптотически приближаясь к плотности воды.

Замечено, что свекловичный жом увеличивает свою плотность в зависимости от степени измельчения, т.к. при относительной влажности 75% и однократном измельчении плотность равна 1048 кг/м³, а при такой же влажности, но при двукратном измельчении плотность равна 1063 кг/м³. Из этого следует, что с уменьшением линейных размеров частиц жома плотность его увеличивается.

Если нам известно, что вода при увеличении давления не изменяет практически своей плотности, то свекловичный жом при увеличении давления ведет себя по-другому. Как видно из графика (рисунок 8), свекловичный жом увеличивает свою плотность в пределах давлений от 0 до 1 атм. Свекловичный жом способен при увеличении давления увеличивать свою плотность. Так, кривая отражает зависимость: при увеличении давления до 1кг/см² рез-

ко возрастает плотность жома, а при дальнейшем увеличении давления плотность жома остается постоянной.

Определение значения коэффициентов для определения необходимого давления от начальной плотности при обезвоживании жома. Нами получены значения коэффициентов K и a эмпирическим путем для подтверждения аналитических исследований закономерностей обезвоживания жома. Полученные зависимости коэффициентов от плотности свекловичного жома представлены на рисунках 9 и 10.

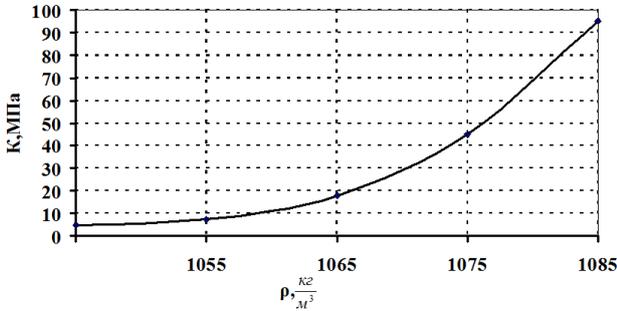


Рис. 9 – Зависимость коэффициента K от начальной плотности ρ сжимаемого жома

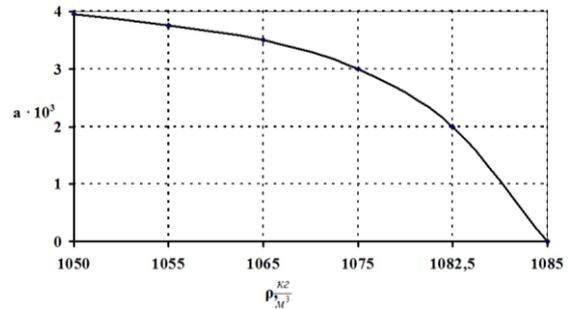


Рис. 10 – Зависимость коэффициента a от начальной плотности ρ сжимаемого жома

Как видно из графиков наибольшее значение коэффициент K имеет для плотности 1085 кг/м^3 а, коэффициент a для 1050 кг/м^3 . Чтобы получить материал определенной плотности к жому необходимо приложить давление.

Как показали экспериментальные исследования, коэффициенты m и n от ρ_{\max} не зависят и для каждого материала могут быть приняты постоянными, тогда как B_t – линейная функция ρ_{\max} (рисунок 11), которая может быть описана формулой:

$$B_t = b_0 + b_t \cdot \rho_{\max}, \quad (19)$$

где b_0 и b_t – эмпирические коэффициенты.

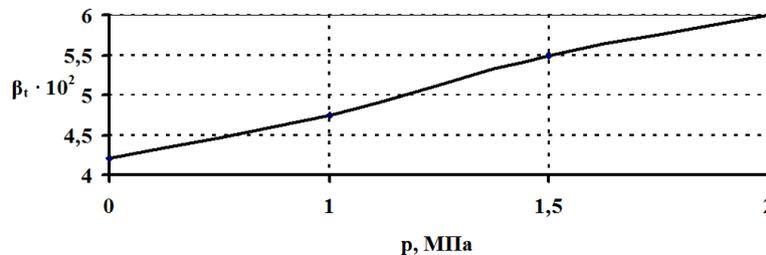


Рис. 11 – Зависимость коэффициента B_t от максимального давления p для свекловичного жома

Тогда выражение для определения давления будет иметь окончательный вид

$$p_t = p_{\max} \left\{ m + n \exp \left[- (b_0 + b_t p_{\max}) t \right] \right\}, \quad (20)$$

где t – время выдержки материала под давлением.

Как показывают значения коэффициентов: m , n , b_0 и b_t наибольшая релаксация напряжений (до 40%) присуща свекловичному жому влажностью до 40%.

После отжатия до максимальной плотности ρ_{\max} материал, обладающий упругими свойствами, расширяется, и плотность его достигает конечной ρ_k . В этот период (холостой ход) на рабочий орган воздействует давление, изменяющееся от максимального, при ρ_{\max} до нуля при ρ_k .

Для энергосберегающих и технологических расчетов деформирующих рабочих органов необходимо знать закономерности изменения давления и плотности сжатого материала при его восстановлении. Практический интерес представляет конечная плотность. Кроме того, наибольшая плотность, до которой материал сжимается в машине, служит определяющим параметром энергетических и прочностных расчетов.

Введем следующие критерии изменения плотности материала при сжатии $\lambda = \frac{\rho_{max}}{\rho_0}$ –

коэффициент сжатия и $\lambda_1 = \frac{\lambda_{max}}{\rho_k}$ – коэффициент восстановления. Результаты многочисленных экспериментальных исследований позволили выразить зависимость между этими коэффициентами формулой

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{\alpha} + \beta\lambda, \tag{21}$$

где α и β – эмпирические коэффициенты, зависящие от длительности выдержки материала под давлением (рисунок 12).

Аналитические выражения этих линейных зависимостей:

$$\begin{aligned} \alpha &= \alpha_0 - a_1 t, \\ \beta &= \beta_0 + a_2 t, \end{aligned} \tag{22}$$

где α_0, β_0, a_1 – эмпирические коэффициенты.

И окончательно

$$\lambda_1 = \frac{\lambda}{\alpha_0} + \beta_0\lambda + (\lambda - 1) \cdot a_1 t. \tag{23}$$

Пользуясь выражениями введенных нами критериев λ и λ_1 , перепишем формулу (23) в виде:

$$\frac{\rho_{max}}{\rho_k} = \frac{\frac{\rho_{max}}{\rho_0}}{\alpha_0 + \beta_0 \frac{\rho_{max}}{\rho_0} + (\frac{\rho_{max}}{\rho_0} - 1)a_1 t}. \tag{24}$$

После преобразования получаем

$$\rho_k = \alpha_0 \rho_0 + \beta_0 \rho_{max} + a_1 t (\rho_{max} - \rho_0). \tag{25}$$

Анализ результатов, полученных нами аналитических зависимостей показал, что при одной и той же длительности выдержки сжатого материала под давлением коэффициент восстановления по мере роста коэффициента сжатия увеличивается. Иными словами, чем больше диапазон изменения плотности при сжатии материала от ρ_0 до ρ_{max} , тем меньше его конечная плотность. Увеличение длительности выдержки позволяет получить более высокую конечную плотность ρ_k при тех же значениях ρ_0 и ρ_{max} .

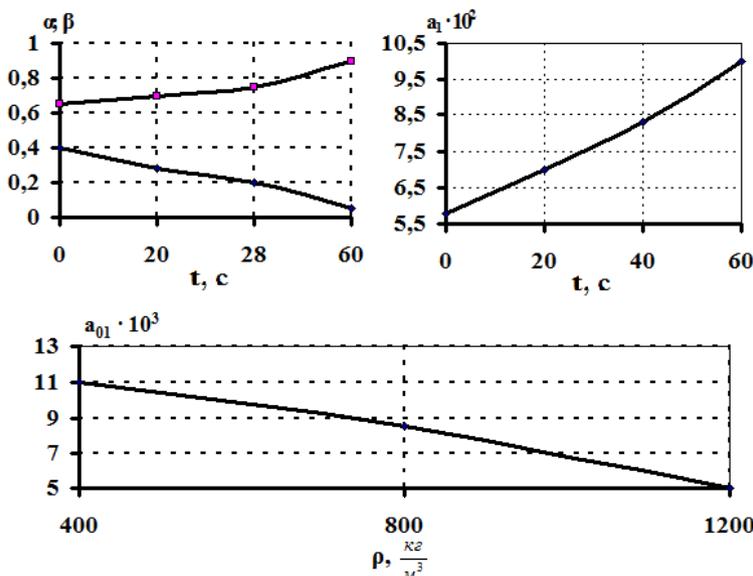


Рис. 12 – Зависимость коэффициентов α, β и a_1 от длительности t выдержки сжатого материала под давлением, а также коэффициента a_{01} – от наибольшей плотности ρ_{max} материала для свекловичного жома

Результаты экспериментального изучения процесса восстановления материала позволили получить эмпирическую зависимость

$$\rho_1 = K_1 [\exp a_1 (\rho + \rho_k) - 1], \quad (26)$$

где a_1 – коэффициент, зависящий от максимальной плотности, до которой снижают материал, и от длительности выдержки его под давлением), т.е. того же вида, что и выражение, описывающие процесс сжатия.

Как видно из рисунка 12, зависимость коэффициента a_1 от длительности выдержки t – линейная, по виду зависимости

$$a_1 = a_{01} + a_{1t} t, \quad (27)$$

где a_{01} – коэффициент, соответствующий значению a_1 при отсутствии выдержки материала под давлением, т.е. при $t = 0$; a_{1t} – эмпирический коэффициент.

Коэффициент a_{01} рассчитывают по формуле

$$a_{01} = D_1 + E_1 \rho_{\max} + K_1 \rho_{\max}^2 + L_1 \rho_{\max}^3, \quad (28)$$

где D_1, E_1, K_1 и L_1 – эмпирические коэффициенты.

Наибольшее давление со стороны материала на рабочий орган можно определить на основании формулы (20), тогда

$$K_1 = \frac{p_t}{\exp a_1 (\rho_{\max} - \rho_k) - 1} = \frac{\rho_{\max} \{m + n \exp[-(B_0 + B_t p_{\max}) t]\}}{\exp a_1 (\rho_{\max} - \rho_k) - 1}. \quad (29)$$

В таблице 1 представлены найденные значения коэффициентов для свекловичного жома влажностью 70%.

Таблица 1 – Значение коэффициентов для определения необходимого давления от начальной плотности при обезвоживании свекловичного жома

Коэффициент	Значение коэффициента
A	$45,0 \cdot 10^{-2}$
B	$-8,7 \cdot 10^{-4}$
C	$0,31 \cdot 10^{-6}$
D	$301 \cdot 10^{-5}$
E	$-5 \cdot 10^{-6}$
K	$0,5 \cdot 10^{-8}$
L	$1,5 \cdot 10^{-11}$
m	0,750
n	0,230
b ₀	$3,01 \cdot 10^{-2}$
b _t	$0,715 \cdot 10^{-5}$
α ₀	0,530
β ₀	$3,6 \cdot 10^{-2}$
D ₁	$12,6 \cdot 10^{-2}$
E ₁	$39,6 \cdot 10^{-7}$
K ₁	$13,8 \cdot 10^{-8}$
L ₁	$-1,3 \cdot 10^{-11}$
a _{1t}	$4,8 \cdot 10^{-5}$

Определение значений коэффициентов внутреннего и внешнего трения. В результате проведенных опытов нами установлено, что свекловичный жом номинальной влажности, ограниченный зоотехническими требованиями, имеет коэффициент внутреннего трения $f_{вн}$ больше, чем коэффициент внешнего трения $f_{ст}$ по стальной поверхности. С увеличением влажности смесей в пределах хозяйственного использования наблюдается уменьшение обоих коэффициентов (рисунок 13), но интенсивность уменьшения внутреннего трения при увеличении влажности выше, чем у внешнего, а поэтому при достижении определенной влажности значение этих коэффициентов становится одинаковым. Из графика видно, что при влажности жома, меньшей чем влажность, при которой установлено равенство коэффициен-

тов, сдвиг раньше произойдет у стенок матрицы и жом будет двигаться сплошным стержнем с одинаковой скоростью по диаметральному сечению.

Зависимость коэффициентов трения $f_{вн}$ и $f_{ст}$ от удельного давления, показанных на рисунке 14, говорит о том, что, при давлении $0,5 \text{ кг/см}^2$ значение коэффициентов практически остается постоянными. Величина их различия с увеличением давление несколько сокращается.

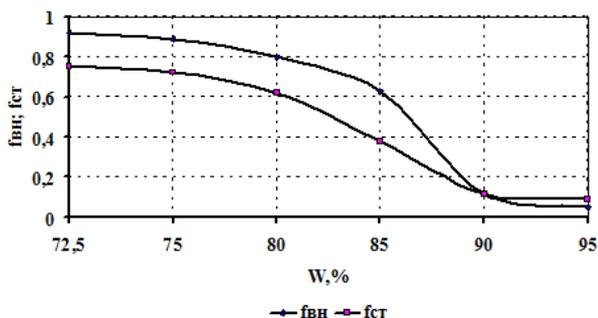


Рис. 13 – Зависимость коэффициентов $f_{ст}$ и $f_{вн}$ от влажности жома при давлении $p = 0,05 \text{ МПа}$

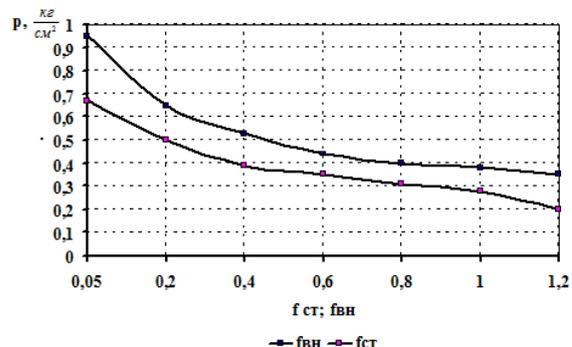


Рис. 14. – Зависимость коэффициента трения $f_{ст}$ и $f_{вн}$ жома от давления p

Результаты определения вязкости свекловичного жома. Кормление сырыми кормами в хозяйственных условиях производится без подогрева в зимний период, поэтому нами был проведен анализ по определению границ температурного интервала, в котором корма имеют оптимальные значения в летний и зимний периоды. Как оказалось, он находится в пределах от $+12$ до $+35^\circ\text{C}$. В этом интервале нами были изучены зависимость вязкости η от температуры t . Из графика (рисунок 15) видно, что вязкость отличается в своих значениях при изменении температуры от 12 до 35°C и снижается примерно в 2 раза. Учитывая этот фактор, мы все свои эксперименты проводили при постоянной температуре, равной $19...20^\circ\text{C}$.

Зависимость вязкости от давления нами изучалась при одних оборотах рабочего цилиндра вискозиметра и только с толщиной сдвигаемого слоя смеси не менее $0,5 \text{ см}$. На рисунке 16 показан характер изменения вязкости от давления. Установлено, что вязкость уменьшается с увеличением давления от 0 до 1 атм. , при дальнейшем увеличении давления его значения остаются постоянными.

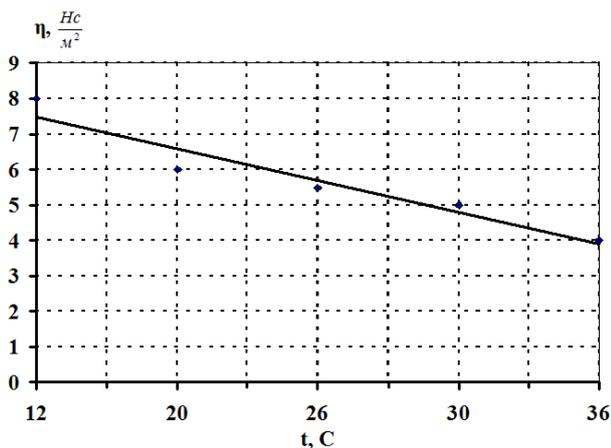


Рис. 15 – Зависимость вязкости η от температуры t

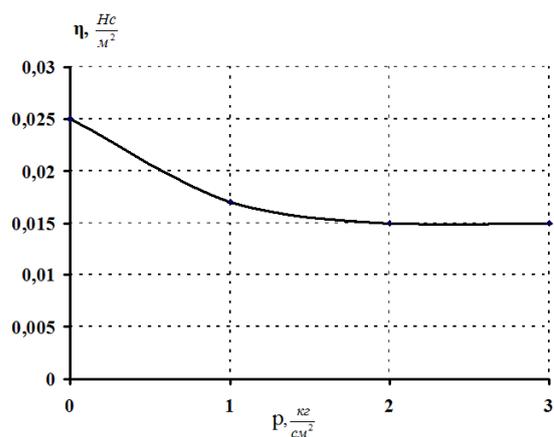


Рис. 16 – Зависимость вязкости η от давления P

Результаты исследований удельного давления от параметров пресса. На удельное давление $P_{уд}$ оказывает влияние конструктивно-режимные параметры пресса. Нами получены результаты изменения давления от длины шнека и величины площади сечения выходного отверстия.

Влияние площади проходного сечения при выходе жома на давление определили экспериментальным путем (рисунок 17). Кривая зависимости удельного давления от площади выходного сечения представляет собой гиперболу первого порядка:

$$P_{уд} = \frac{A_0}{R} + B, \quad (30)$$

где A_0 и B – коэффициенты; R – площадь отверстия сечения выхода, $см^2$.

В результате математической обработке экспериментальных данных определены коэффициенты: $A_0=1,45 \cdot 10^2$ н, $B=0,98$ МПа, тогда

$$P_{уд} = \frac{1,45}{R} + 0,98. \quad (31)$$

На удельное давление оказывает влияние и длина шнека. На рисунке 18 представлена зависимость удельного давления от длины шнека. С увеличением длины шнека удельное давление возрастает.

В процессе работы прессы температура отжатой массы повышается. Нами получена зависимость между давлением $P_{уд}$ и температурой отжатой массы t (рисунок 19) и зависимость между давлением, производительностью и расходом энергии (рисунок 20).

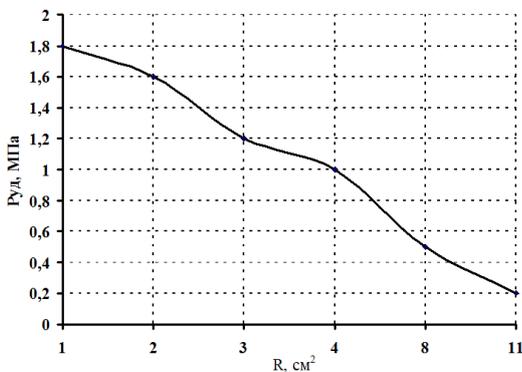


Рис. 17 – Зависимость удельного давления от площади выходного сечения

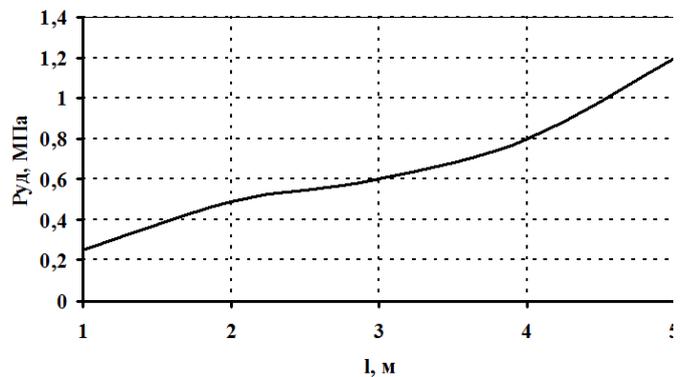


Рис. 18 – Зависимость удельного давления от длины шнека

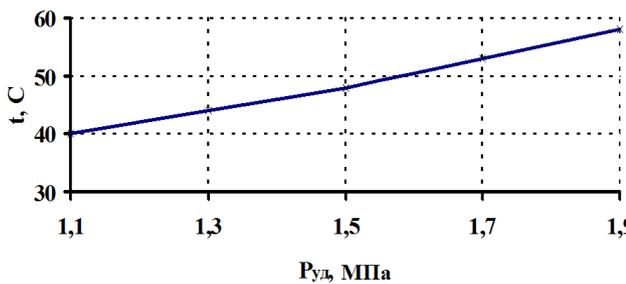


Рис. 19 – Зависимость удельного давления от температуры отжатой массы

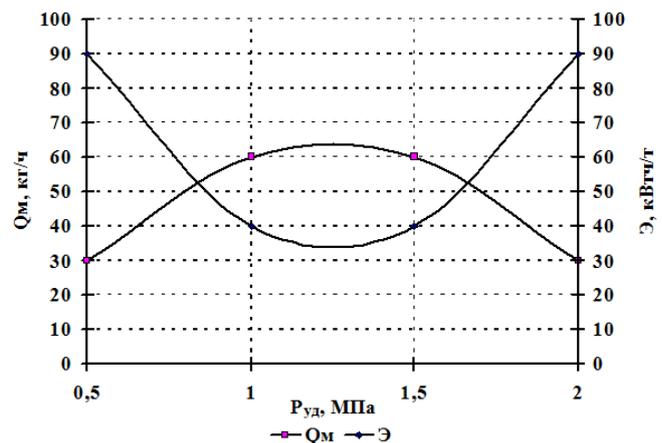


Рис. 20 – Зависимость производительности и расхода энергии от удельного давления

Выводы:

1. В результате проделанных опытов были найдены значения коэффициентов внутреннего – $f_{вн} = 0,8$ и внешнего трения – $f_{сн} = 0,62$, а также вязкость свекловичного жома – $\eta = 5,5$ Нс/м².

2. В результате проделанных экспериментов были получены графики изменения давления $P_{уд} = 1...2$ МПа от длины шнека $l = 1...5$ м и величины площади сечения выходного отверстия $R = 1...11$ см², а также зависимости между давлением и температурой отжатой

массы $t = 30 \dots 60$ °С, и между давлением, производительностью $Q = 30 \dots 100$ кг/ч и расходом энергии $\Theta = 30 \dots 90$ кВт·ч/т.

3. По результатам исследований были установлены зависимости (давление, необходимое для сжатия материала $P = 1 \dots 2$ МПа от его начальной $\rho_0 = 1055$ кг/м³ и максимальной плотности $\rho_{\max} = 1075$ кг/м³; конечной плотности материала $\rho_k = 1070$ кг/м³ от его начальной $\rho_0 = 1055$ кг/м³ и максимальной плотности $\rho_{\max} = 1075$ кг/м³, а также от времени выдержки материала $t = 60$ с под давлением; релаксации напряжений от максимального давления $P_{\max} = 2$ МПа; изменения давления со стороны сжимаемого материала на поршень в период восстановления материала), которые позволяют определить нагрузки на рабочие органы различных машин, предназначенных для сжатия материалов, за полный цикл сжатия.

4. Полученные результаты и зависимости являются исходными для разработки методики технологических, энергетических и прочностных расчетов рабочих органов машин, применяемых для упомянутых технологических процессов.

Библиография

1. Казаков К.В., Колесников А.С. Теоретический анализ рабочего процесса прессования свекловичного жома в шнековом прессе // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). С. 47-61.
2. Киреев А.А., Семендяев С.В. Связанные модели трения скольжения и верчения: от теории к эксперименту // Труды МФТИ. 2010. № 3. С. 174-181.
3. Харина М.В., Васильева Л.М., Емельянов В.М. Особенности структуры и состава свекловичного жома и перспективы его переработки // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 24. С. 159-162.
4. Вазетдинова А.А., Харина М.В., Логинова И.В., Клещевников Л.И. Ферментализация остатков производства фурфурола из отходов растительного сырья // Баш. хим. ж.. 2017. № 1. С. 27-31.
5. Соболев И.В., Белогорцев А.Н., Гнеуш А.Н., Петенко А.И. Комплексная переработка свекловичного жома с использованием методов биотехнологии // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 123. С. 917-929.
6. Кретов И.Т., Шевцов А.А., Дранников А.В., Дятлов В.А. Определение коэффициентов внутреннего и внешнего трения свекловичного жома в условиях сушки // Известия вузов. Пищевая технология. 2005. № 1. С. 70-72.
7. Соловьев П.П., Суменков А.Л., Зимин А.И. Влияние среднего размера частиц ультрадисперсных порошков на коэффициент внутреннего трения // Успехи в химии и химической технологии. 2008. № 10 (90). С. 99-101.
8. Киреев А.А. Трехмерные модели трения // Вестник ННГУ. 2011. № 4-2. С. 174-176.
9. Никольский В.В., Смирнов Ю.П. О некоторых общих формах уравнений движения систем с трением // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2014. № 3. С. 103-115.
10. Пожбелко В.И. Новые аналитические законы и универсальные константы внешнего и внутреннего предельного трения // Вестник ЮУрГУ. Серия: Машиностроение. 2005. № 14 (54). С. 3-17.
11. Техническое обеспечение животноводства: Учебник / Под ред. А.И. Завражнова. СПб.: Лань, 2018. 516 с.
12. Круглик С.В. Об опыте контроля отдельных показателей при отжиге и сушке жома // Сахар. 2019. № 12. С. 21-23.
13. Городецкий В.О., Семенихин С.О., Лисовой В.В., Котляревская Н.И. Сравнительная характеристика существующей и разработанной технологий извлечения сахарозы из свекловичной стружки // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 121. С. 620-629.

References

1. Kazakov K.V., Kolesnikov A.S. Teoreticheskij analiz rabocheho processa pressovaniya sveklovichnogo zhoma v shnekovom presse [Theoretical analysis of the working process of pressing sugar beet pulp in a screw press] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2020. № 2 (26). S. 47-61.
2. Kireenkov A.A., Semendyaev S.V. Svyazannye modeli treniya skol'zheniya i vercheniya: ot teorii k eksperimentu [Coupled models of sliding and spinning friction: from theory to experiment] // Trudy MFTI. 2010. № 3. S. 174-181.
3. Harina M.V., Vasil'eva L.M., Emel'yanov V.M. Osobennosti struktury i sostava sveklovichnogo zhoma i perspektivy ego pererabotki [Features of the structure and composition of beet pulp and the prospects for its processing] // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 24. S. 159-162.
4. Vazetdinova A.A., Harina M.V., Loginova I.V., Kleshchevnikov L.I. Fermentoliz cellyulozoderzhashchih ostatkov proizvodstva furfurola iz othodov rastitel'nogo syr'ya [Enzymatic lysis of cellulose-containing residues of furfural production from plant waste] // Bash. him. zh.. 2017. № 1. S. 27-31.

5. Sobol' I.V., Belogorec A.N., Gneush A.N., Petenko A.I. Kompleksnaya pererabotka sveklovichnogo zhoma s ispol'zovaniem metodov biotekhnologii [Complex processing of beet pulp using biotechnology methods] // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2016. № 123. S. 917-929.
6. Kretov I.T., Shevcov A.A., Drannikov A.V., Dyatlov V.A. Opredelenie koefitsientov vnutrennego i vneshnego treniya sveklovichnogo zhoma v usloviyah sushki [Determination of the coefficients of internal and external friction of beet pulp in drying conditions] // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. 2005. № 1. S. 70-72.
7. Solov'ev P.P., Sumenkov A.L., Zimin A.I. Vliyanie srednego razmera chastic ul'tradispersnyh poroshkov na koefitsient vnutrennego treniya [Influence of the average particle size of ultrafine powders on the coefficient of internal friction] // Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii. 2008. № 10 (90). S. 99-101.
8. Kireenkov A.A. Trekhmernye modeli treniya [Three-dimensional models of friction] // Vestnik NNGU. 2011. № 4-2. S. 174-176.
9. Nikol'skij V.V., Smirnov YU.P. O nekotorykh obshchih formah uravnenij dvizheniya sistem s treniem [On some general forms of equations of motion for systems with friction] // Izvestiya TulGU. Estestvennye nauki. 2014. № 3. S. 103-115.
10. Pozhbelko V.I. Novye analiticheskie zakony i universal'nye konstanty vneshnego i vnutrennego pre-del'nogo treniya [New analytical laws and universal constants of external and internal limiting friction] // Vestnik YUUrGU. Seriya: Mashinostroenie. 2005. № 14 (54). S. 3-17.
11. Tekhnicheskoe obespechenie zhivotnovodstva [Technical support of animal husbandry]: Uchebnik / Pod red. A.I. Zavrazhnova. SPb. : Lan', 2018. 516 s.
12. Kruglik S.V. Ob opyte kontrolya ot del'nykh pokazatelej pri otzhime i sushke zhoma [About the experience of control of individual indicators during pressing and drying of pulp] // Sahar. 2019. № 12. S. 21-23.
13. Gorodeckij V.O., Semehin S.O., Lisovoj V.V., Kotlyarevskaya N.I. Sravnitel'naya harakteristika sushchestvuyushchej i razrabotannoj tekhnologij izvlecheniya saharozy iz sveklovichnoj struzhki [Comparative characteristics of the existing and developed technologies for extracting sucrose from beet chips] // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2016. № 121. S. 620-629.

Сведения об авторах

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

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

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

Information about authors

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

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

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

УДК 631.363.7

А.В. Мачкарин, А.В. Рыжков

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗДАТЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

Аннотация. Основными показателями, характеризующими рабочий процесс раздатчика-смесителя кормов, являются качество смешивания, равномерность выдачи кормов и мощность рабочих органов агрегата. Теоретически доказано, что перечисленные показатели зависят от плотности корма, которая изменяется от глубины его залегания в бункере дозатора, удельного сопротивления перемещению граблины, которая зависит от толщины отделяемого слоя, влажности и средней длины частиц корма, геометрии пальцев счесывающего транспортера. В задачу аналитических исследований раздатчика-смесителя кормов входит: проверка теоретических положений, выявление ряда физических величин и значений коэффициентов, а также обоснование оптимальных параметров и режимов работы предложенного дозатора. Отыскание оптимального сочетания факторов, которые влияют на процесс работы раздатчика-смесителя кормов, вели по методике планирования многофакторного эксперимента. Критериями оптимизации выбраны три параметра: неравномерность выдачи кормов (коэффициент вариации) $\delta=0,015\%$, удельная мощность дозатора $N_{уд}=0,4\text{кВт ч/т}$ и качество смешивания $\nu=100\%$. В соответствии с поставленной задачей выявили рациональную геометрию пальцев счесывающего транспортера, определили зависимость удельного сопротивления перемещению граблины $P_{уд}=270\text{ Н/м}$ от толщины отделяемого слоя $\Delta S=25\text{мм}$, влажности $W=60\%$ и средней длины частиц корма $\ell_{ср}=106,5\text{ мм}$, определили характер изменения плотности корма ρ от глубины его залегания в бункере дозатора, провели теоретические и аналитические исследования с целью оптимизации основных параметров дозатора. Аналитическими исследованиями определили оптимальные параметры раздатчика – смесителя кормов; уточнили некоторых теоретические зависимости с использованием некоторых физических величин и коэффициентов. С помощью метода планирования многофакторного эксперимента оценили достоверность их результатов с целью их оптимизации.

Ключевые слова: корм, раздатчик-смеситель, транспортёр, дозатор, равномерность.

OPTIMIZATION OF DESIGN-MODE PARAMETERS DISTRIBUTOR-MIXER OF FEEDS

Abstract. The main indicators characterizing the working process of the feed distributor-mixer are the quality of mixing, the uniformity of feed delivery and the power of the working bodies of the unit. It is theoretically proved that the listed indicators depend on the density of the feed, which varies from the depth of its occurrence in the hopper of the dispenser, the specific resistance to the movement of the rake, which depends on the thickness of the separated layer, humidity and average length of the feed particles, the geometry of the fingers of the combing conveyor. The task of analytical studies of the feed dispenser-mixer includes: verification of theoretical provisions, identification of a number of physical quantities and coefficient values, as well as justification of optimal parameters and operating modes of the proposed dispenser. The search for the optimal combination of factors that affect the operation of the distributor-mixer of feed was carried out according to the method of planning a multifactorial experiment. Three parameters were selected as optimization criteria: uneven feed delivery (coefficient of variation) $\delta=0.015\%$, specific power of the dispenser $N_w=0.4\text{ kWh/t}$ and mixing quality $\nu=100\%$. In accordance with the task, the rational geometry of the fingers of the combing conveyor was revealed, the dependence of the specific resistance to the movement of the ore rake $P_{ud}=270\text{ N/m}$ on the thickness of the separated layer $\Delta S=25\text{mm}$, humidity $W=60\%$ and the average length of the feed particles $\ell_{sr}=106,5\text{ mm}$ was determined, the nature of the change in the density of the feed ρ on the depth of its occurrence in the dispenser hopper was determined, theoretical and analytical studies were carried out in order to optimize the main parameters of the dispenser. Analytical studies have determined the optimal parameters of the feed mixer distributor; we have clarified some theoretical dependencies using some physical quantities and coefficients. Using the method of planning a multi-factor experiment, the reliability of their results was evaluated in order to optimize them.

Keywords: feed, distributor-mixer, conveyor, dispenser, uniformity.

Постановка проблемы. О значении полноценного кормления сельскохозяйственных животных можно судить по тому факту, что в структуре себестоимости продукции доля кормов составляет при производстве молока 50...55%, говядины – 65...70%, свинины – 70...75%. Для животных важно не только количество, но главным образом качество кормов, которое определяется содержанием в них питательных веществ [1, 2]. От полноценного кормления зависят уровень продуктивности, качество продукции, здоровье животных.

На основании выполненных исследований осуществлено теоретическое обобщение и решена задача, имеющая важное народнохозяйственное значение для отрасли животновод-

ства по повышению эффективности функционирования машин и оборудования для выращивания телят, обеспечивающая рост продуктивности животных.

Наиболее важной проблемой в животноводстве является проблема рационального использования кормовых ресурсов, так как до 50% питательной ценности силосованных кормов теряется вследствие применения нерациональных технологий их заготовки, хранения и скармливания животным, до 25% концентрируемых кормов не усваивается животными вследствие неэффективных технологий переработки. При силосовании кукурузы имеют место следующие причины: потери на поле при скашивании; потери при сбраживании (0...4%); потери в процессе сбраживания, ведущие к образованию кислоты (7...17%); медленное заполнение (до 10%); недостаточное уплотнение корма (до 5%); не герметичность силосохранилищ (до 5%); вторичная ферментация при выгрузке (до 4%); потери из-за порчи верхнего слоя (до 1%); потери через непереваренные не измельчённые зерна (до 10%) и др.

Применение устройств с возможностью смешивания и раздачи различных видов кормов одним устройством с большой точностью дозирования позволит сократить непроизводительный расход кормов на 10% и освободит от необходимости применения нескольких видов раздатчиков или использования кормоприготовительного цеха, что соответственно уменьшит удельные затраты на производство продукции

Цель работы. Повышение эффективности процесса приготовления кормовых смесей путем совершенствования рабочих органов раздатчика-смесителя и обоснования его конструктивно-режимных параметров.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить рациональную геометрию пальцев счесывающего транспортера;
- определить зависимости удельного сопротивления перемещению граблины $R_{уд}$ от толщины отделяемого слоя ΔS , влажности W и средней длины частиц корма $l_{ср}$;
- определить характер изменения плотности корма ρ от глубины его залегания в бункере дозатора;
- провести аналитические исследования с целью оптимизации основных параметров дозатора.

Качество смешивания кормов определяли по распределению контролируемого или контрольного компонента в 15...20 пробах, отбираемых пробоотборником через равные промежутки времени при выгрузке готовой смеси смесителем. Повторность опыта – 3-х кратная. Масса пробы g_n для комбикормовых смесей 5 г, сухих для крупного рогатого скота 100 г, влажных смесей для крупного рогатого скота 300 г.

В качестве контрольного компонента использовали зёрна ячменя, в соответствии с РД 1019.2-90. Концентрированный корм из каждой пробы выбирают вручную и определяют массу.

Для оценки качества смеси использовали метод нахождения статистических характеристик системы при взятии проб по среднеквадратичному отклонению σ и значению коэффициента вариации ν [3]:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

$$\nu = \frac{\sigma}{\bar{x}}, \quad (3)$$

где x – количество контролируемого компонента в пробах; \bar{x} – среднеарифметическое значение количества контролируемого компонента в пробах; n – количество опытов.

В качестве показателя неравномерности смешивания используют коэффициент вариации v_f фактического распределения контролируемого или контрольного компонента в пробах.

Полученные значения коэффициентов сравнивают с допустимыми по зоотехническим требованиям v_q для типичных смесей ($v_f \leq v_q$) при соответствующих массах проб (50, 100 и 300 г). При отсутствии значений v_q определяют опытным путем для данной смеси, дополнительно перемешивая 50 кг смеси, отобранной после испытываемого смесителя, в лабораторном порционном смесителе, приспособленном для данного вида смеси. Отбор и анализ проб аналогичны описанным выше.

Для определения неравномерности выдачи кормов раздатчика – смесителя кормов на заданном режиме работы в кормушки на расстоянии 0,60 м (длина фронта кормления для одного телёнка, в соответствии с зоотехническими требованиями) устанавливали фанерные делители, отбирали подряд 30 порций корма, которые потом взвешивали. Повторность опыта – 3-кратная, на различных режимах работы. Полученные дискретные данные значения массы порций обрабатывают методами математической статистики, определяют среднеарифметическое значение \bar{x} , среднеквадратичное отклонение σ и коэффициент вариации \mathcal{V} .

Мощность, потребляемая на привод рабочих органов дозатора при выдаче стебельных кормов, подсчитывается по формуле [3]:

$$N = N_{xx} + N_{оп} + N_{сч} + N_{выг}, \quad (4)$$

где N – общая потребляемая мощность, кВт; N_{xx} – мощность холостого хода счесывающего транспортера, кВт; $N_{оп}$ – мощность на опускание счесывающего транспортера, кВт; $N_{сч}$ – мощность, затрачиваемая счесывающим транспортером на счесывание корма, кВт; $N_{выг}$ – мощность, затрачиваемая выгрузным транспортером на сбрасывание корма в кормушку, кВт.

Мощность холостого хода счесывающего транспортера определим по формуле [3]:

$$N_{xx} = C_{ж} g M_{п} v_{mp} L_{ц}, \quad (5)$$

где $C_{ж}$ – коэффициент учитывающий жесткость цепей и сопротивление вращающихся приводных звездочек; g – ускорение свободного падения, м/с; $M_{п}$ – масса одного погонного метра цепи транспортера с граблинами, планками и др., кг; v_{mp} – скорость счесывающего транспортера; м/с; $L_{ц}$ – длина цепи счесывающего транспортера, м.

Мощность, затрачиваемая на опускание счесывающего транспортера [3]:

$$N_{он} = k_{xx} P_{под} v_{он}, \quad (6)$$

где k_{xx} – коэффициент, учитывающий мощность холостого хода, $k_{xx} = (1,4...2,2)$, при этом меньшее значение при меньших производительностях; $v_{он}$ – скорость опускания счесывающего транспортера, м/с.

Мощность рабочего процесса счесывания корма будет равна [3]:

$$N_{сч} = \frac{P_{уд} B L v_{TP}}{102T}. \quad (7)$$

Мощность, затрачиваемая выгрузным транспортером на сбрасывание корма в кормушку будет равна [3]:

$$N_{выг} = \frac{N_{ПР}}{\eta}, \quad (8)$$

где $N_{ПР}$ – мощность, затрачиваемая на привод транспортёра, кВт; η – коэффициент полезного действия.

Мощность, потребляемая на привод рабочих органов, определялась с помощью ватт-метров-самописцев.

Отыскание оптимального сочетания факторов, которые влияют на процесс работы раздатчика-смесителя кормов по методике планирования экстремального эксперимента.

Для описания некоторой локальной области поверхности отклика в предложении ли-

нейного приближения. Для этого использовали ортогональное планирование первого порядка с реализацией обеих полуреплик полного факторного эксперимента или дробные реплики. Выбирали центр эксперимента X_{oi} , интервалы варьирования, вводили фиктивную переменную $X_o = \pm 1$. Переход от натуральных переменных $X_1; X_2; X_3; X_4 \dots X_i$ к кодовым $x_1; x_2; x_3; x_4 \dots x_i$ применяется на концах интервалов +1 и -1 и осуществляется по формуле [3]:

$$X_i = \frac{x_i - x_{oi}}{\Delta x_i} \quad (9)$$

Критериями оптимизации нами выбраны три показателя: неравномерность выдачи кормов (коэффициент вариации) δ , удельная мощность дозатора $N_{уд}$ и качество смешивания ν . На указанные показатели основное влияние оказывают факторы, представленные в таблице 1, где приведены также интервалы и уровни варьирования независимых переменных.

Таблица 1 – Факторы, влияющие на показатели работы дозатора

Обозначение	Факторы	Уровни фактора	
		- I	+ I
X ₁	Скорость опускания счесывающего транспортера, м/с	0,0064	0,0265
X ₂	Скорость вращения транспортера, м/с	0,8	1,45
X ₃	Скорость движения раздатчика-смесителя, м/с	0,2	0,5
X ₄	Длина кормового бурта, м	0,3	1,0
X ₅	Шаг гребенки транспортера, мм	152	304
X ₆	Диаметр пальцев, мм	8	18
X ₇	Шаг между пальцами по ширине, мм	100	200
X ₈	Зазор между транспортером и роликом, мм	30	200

Для планирования полного факторного эксперимента задаем матрицей планирования, в которой представлены все возможные комбинации значений факторов. В основу матрицы планирования эксперимента положен эксперимент 2^5 , а эффекты от шестого, седьмого и восьмого факторов смешаны с эффектами взаимодействия.

Каждому опыту, соответствовала своя конструкция счесывающего транспортера. Каждая конструкция счесывающего транспортера соответствовала параметрам опыта, запланированного матрицей. Поэтому рабочие элементы счесывающего транспортера меняли при каждом опыте [4].

Опыты ставили на различных видах кормов, при этом в течение всех экспериментов по тому или иному виду корма последний оставался неизменным. Каждый опыт проводили в трехкратной повторности.

В результате такого планирования небольшой участок поверхности отклика описывается неполным квадратным уравнением. Коэффициенты уравнений регрессии определяем методом наименьших квадратов по формуле [3]:

$$a_i = \frac{\sum_{l=1}^N x_{il} \cdot y_l}{N} \quad (10)$$

где N – количество опытов.

Все коэффициенты определяются и оцениваются независимо друг от друга. Величина коэффициентов регрессии указывает на значимость того или иного фактора. Если какой-либо фактор оказывается незначительным, он может быть исключен из уравнения, при этом все остальные коэффициенты не нуждаются в пересчете.

Для оценки коэффициентов уравнений регрессии в связи с малочисленностью обрабатываемых данных вместо нормального распределения применяется t -распределение (Стьюдента), критерием которого является отношение [3]:

$$t_i = \frac{a_i \cdot \sqrt{N}}{S(\bar{y})}. \quad (11)$$

Стоящая в знаменателе величина $S(\bar{y})$, характеризующая ошибку опыта, - средняя квадратическая ошибка воспроизводимости, определяется по формуле [3]:

$$S(\bar{y}) = \frac{\sum_{l=1}^N \left[\sum_{i=1}^n (\bar{y}_l - y_{li}) \right]}{N_n \cdot (n-1)}, \quad (12)$$

где N – число повторений в одном опыте (число испытываемых образцов).

Значение t -критерия, вычисленное по формуле (11) сравнивали с табличным, взятым при выбранном уровне значимости (в данной работе был принят 5% уровень) и числом степеней свободы равном [3]:

$$f_i = N \cdot (n-1). \quad (13)$$

Если при сравнении оценка коэффициента регрессии окажется ниже табличного значения, последний считается статистически незначительным.

Проверка нуль-гипотезы в предложении адекватности представления поверхности отклика на данном этапе исследования производится методом дисперсионного анализа. Задача в этом случае сводится к проверке по F критерию (критерий Фишера) равенства генеральных дисперсий и остаточной и воспроизводимости по известным выборочным S_{ocm}^2 и $S^2(\bar{y})$. Величина F критерия принимается по таблице в зависимости от числа степеней свободы f и f_1 , с которым определяются выборочные дисперсии, сравниваются с F отношением, вычисленными по экспериментальным данным [3]:

$$F_{фак} = \frac{S_{ocm}^2}{S^2(\bar{y})}. \quad (14)$$

Если $F_{таб} > F_{фак}$, то нуль-гипотеза принимается, в противном случае она от адекватности должна быть отброшена как неверная. Для расчета F -отношения вычисляется остаточная сумма квадратов [3]:

$$S_{ocm} = \sum_{l=1}^N y_l^2 - N \sum_{i=1}^k a_i^2. \quad (15)$$

Подсчитывается число степеней свободы, с которой определяется остаточная дисперсия [3]:

$$f = N - k_1 - 1, \quad (16)$$

где k_1 – число линейных членов уравнения регрессии. После чего остаточная дисперсия может быть получена так [3]:

$$S_{ocm}^2 = \frac{S_{ocm}}{f_1}. \quad (17)$$

Дисперсия воспроизводимости вычисляется по формуле [3]:

$$S^2(y) = \frac{\sum_{l=1}^N \sum_{i=1}^n (\bar{y}_l - y_{li})}{N \cdot (n-1)}, \quad (18)$$

откуда

$$S_{ост}^2 = \frac{S^2(y)}{n}. \quad (19)$$

Аналитические исследования были выполнены с целью получения конкретных данных о влиянии параметров счёсывающего транспортёра и ряда других факторов на качество смешивания кормов и равномерность выдачи кормов.

Исследования проводили следующим образом. Корм нужного состава и консистенции загружали в бункер для стебельных кормов.

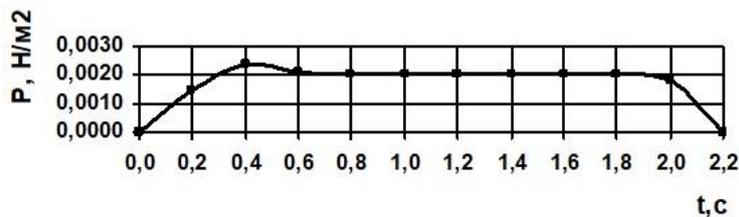
Силу сопротивления перемещению всех граблин и в отдельности каждого пальца граблины измеряли тензометрированием с применением осциллографа Н-700 в комплекте с усилителем 8 АНЧ.

Установку с кормом нужного состава и влажности устанавливали таким образом, чтобы граблина счесывала слой корма заданной толщины и отделяла его частицы от общей массы. Для этого на крепление граблины к транспортёру устанавливался тензодатчик. Датчик через усилитель 8 АНЧ подсоединяли к осциллографу Н-700 и записывали общее сопротивление счесыванию корма всей граблиной. Исследованию подвергалась граблина шириной 1 метр, содержащая пальцы круглого сечения диаметром 10 мм. Длина пальцев 100 мм.

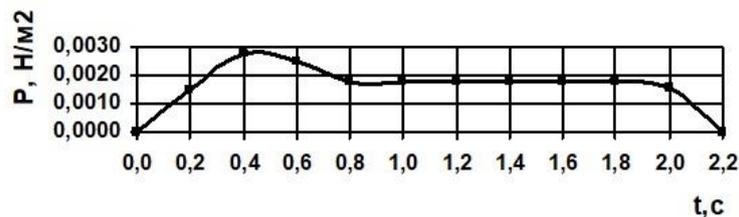
Полученные осциллограммы выражали сопротивление перемещению граблины в расчете на 1 м ширины захвата от толщины отделяемого слоя ΔS , влажности W и средней длины частиц корма $l_{ср}$.

Для определения рациональной геометрии пальцев счесывающего транспортёра было исследовано четыре вида пальцев граблины.

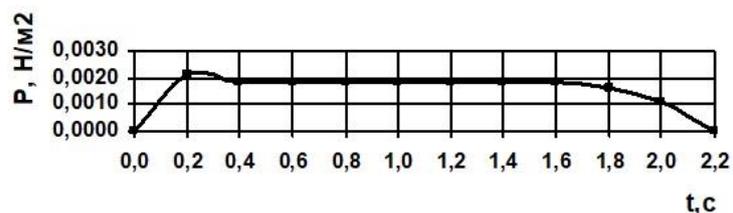
На рисунке 1 представлены осциллограммы давления пальцев различной геометрической формы на кукурузный силос за полный цикл их работы.



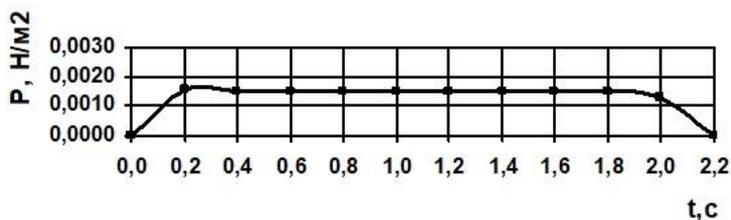
а) палец прямой круглого сечения



б) палец прямой треугольного сечения



в) комбинированный палец круглого сечения, состоящий из прямой и наклонной части



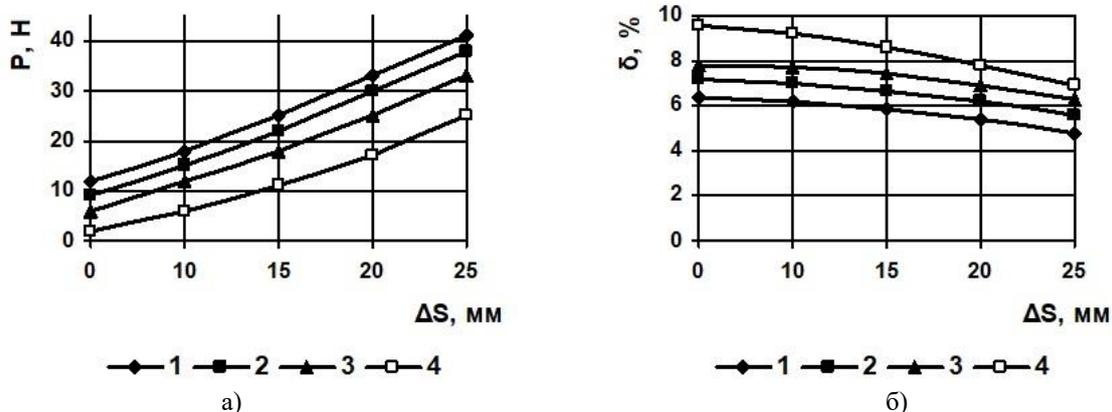
г) крючкообразный палец полукруглого сечения

Рис. 1 – Копия осциллограмм давления пальца на кукурузный силос за полный цикл его работы по отделению корма от бурта при $L = 0,025$ м (t - время работы пальца от вхождения его в бурт и до полного выхода из бурта, с)

Анализируя полученные осциллограммы давления пальцев различной геометрической формы (рисунок 1, а, б, в, г) на кукурузный силос за полный цикл их работы по отделению корма с поверхности бурта, можно отметить одинаковый характер воздействия пальцев на бурт.

Достоверность этого вывода также подтверждается графиком на рисунке 2а, представляющего зависимость сопротивления одного пальца различной формы счесыванию корма и бурта от величины погружения его в кормовую массу. Из числа сравниваемых, комбинированный и крючкообразный пальцы имеют наименьшее значения сопротивления счесыванию.

По качественному показателю, в частности, равномерности отделения корма с поверхности бурта преимущества имеют прямой палец круглого сечения и прямой палец треугольного сечения, что подтверждается графическими зависимостями, изображаемыми на графике рисунке 2б.



а) - зависимость динамического воздействия пальцев на кормовой бурт от величины их погружения;

б) - зависимость неравномерности выдачи корма от величины погружения пальцев в кормовой бурт; 1 - прямой круглого сечения; 2 - прямой треугольного сечения; 3 - комбинированный круглого сечения; 4 - крючкообразный, полукруглого сечения

Рис. 2 – Зависимости основных параметров от величины погружения пальцев в кормовой бурт

Наименьшее значение показателя неравномерности кормоотделения имеет прямой палец круглого сечения. Поэтому с точки зрения точности дозирования кормов рассматриваемая геометрия пальца является наиболее перспективной [5, 6].

В результате проведенных исследований были получены зависимости сопротивления перемещению граблины $P_{уд}$ (в расчете на 1 метр) от толщины отделяемого слоя ΔS при различной средней длине частиц корма $l_{ср}$ (рисунок 3) и зависимость $P_{уд} = f(\Delta S)$ при различной влажности W корма (рисунок 4).

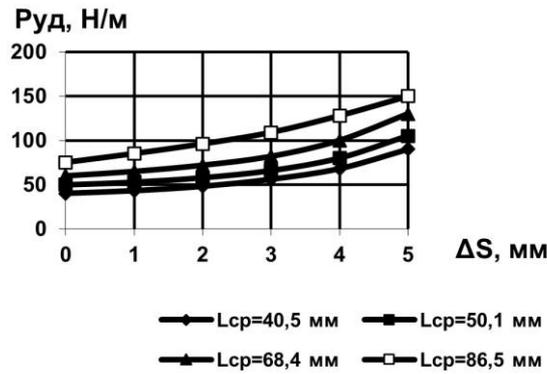


Рис. 3 – Зависимости удельного сопротивления счесыванию кукурузного силоса $P_{уд1}$ граблиной шириной 1 м от толщины снимаемого слоя, при различной средней длине частиц силоса ($W=60\%$)

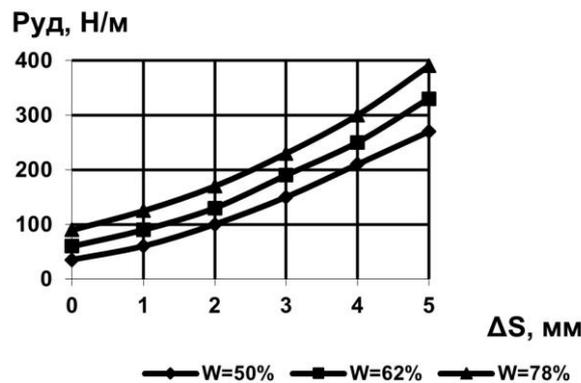


Рис. 4 – Зависимости удельного сопротивления счесыванию кукурузного силоса $P_{уд2}$ граблины шириной 1 м от толщины снимаемого слоя при различной влажности корма W ($l_{cp} = 106,5$ мм)

Аналитические выражения, изображающие эти зависимости, имеют вид:

$$P_{уд1} = f_{l_{cp}} \Delta S e^{K\Delta S}; \quad (20)$$

$$P_{уд2} = f_W \Delta S e^{K_1\Delta S}. \quad (21)$$

Анализируя полученные зависимости, можно отметить следующее. Для снятия слоя корма большей, толщины, как и следовало ожидать, требуется и большее усилие на перемещение граблины. При этом характер зависимости $P_{уд} = f(\Delta S)$ – экспоненциальный.

Это объясняется тем, что с увеличением толщины отделяемого слоя корма, повышается его монолитность, сцепляемость частиц между собой, а, следовательно, и с частицами основного бурта.

Кроме того, при большем слое счесывания на гребенке накапливается большая масса корма, что также приводит к росту $P_{уд}$.

Из графика на рисунке 3 видно, что при снятии слоя кукурузного силоса, содержащего удлиненные частицы, требуется повышенное усилие в сравнении со слоем корма, в котором частицы укорочены. Так, например, при снятии слоя толщиной 5 мм со средней длиной частиц кукурузного силоса $l_{cp}=86,5$ мм удельное сопротивление счесыванию равно $P_{уд}=150$ Н/м, а при снятии слоя корма со средней длиной частиц $l_{cp}=40,5$ мм, $P_{уд}=80$ н/м. Как следует из графика рисунок 4, на снятие слоя корма большей влажности требуется и большее удельное сопротивление, чем на счесывание слоя корма меньшей влажности.

Так, например, при снятии слоя корма толщиной 5 мм и влажностью $W=78\%$ удельное сопротивление счесыванию составляет $P_{уд}=400$ Н/м, а при снятии слоя такой же толщины, но с влажностью корма 50% – $P_{уд}=270$ Н/м. Уменьшение влажности в массе стебельного корма ведет к нарушению связей между частицами, ослаблению их сцепляемости и кормо-

вой материал по свойствам приближается к свойствам сухого корма, обладающего сыпучестью, вследствие этого уменьшается и сопротивление отделению слоя корма от основной его массы (бурта).

Коэффициенты $f_{l_{cp}}$, f_W , K и K_1 , определены методом наименьших квадратов.

Графические зависимости коэффициентов $f_{l_{cp}}$ и f_W , от средней длины частиц l_{cp} и влажности W корма представлены на рисунке 5.

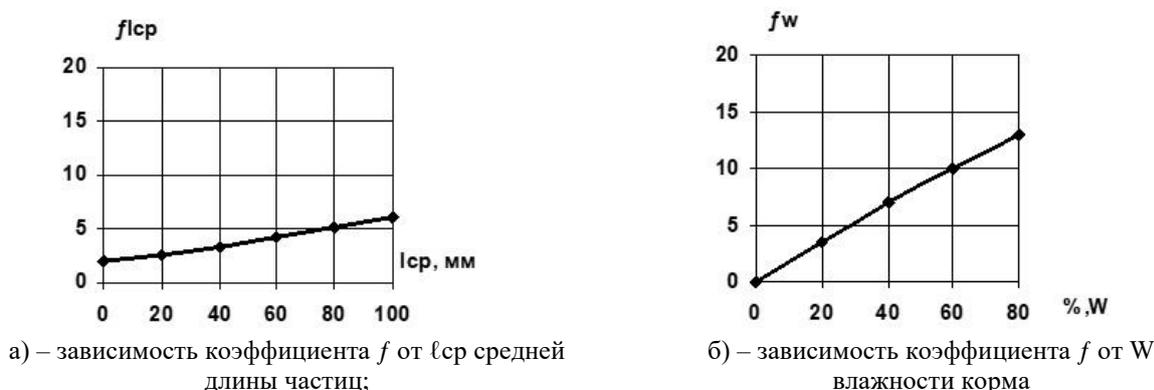


Рис. 5 – Зависимость коэффициента f от физико-механических характеристик корма (кукурузного силоса)

Аналитическая зависимость $f_{l_{cp}}$ от l_{cp} может быть представлена в виде:

$$f_{l_{cp}} = f_{1l_{cp}} l_{cp} + f_{2l_{cp}} . \quad (22)$$

Аналитическая зависимость f_W от влажности W имеет вид:

$$f_W = f_{1W} W + f_{2W} . \quad (23)$$

Коэффициенты $f_{1l_{cp}}$, $f_{2l_{cp}}$, f_{1W} , f_{2W} , K , K_1 получены методом наименьших квадратов.

Подставляя коэффициенты $f_{l_{cp}}$ и f_W в выражения (20) и (21) получим формулы:

$$P_{уд1} = e^{K\Delta S} (f_{1l_{cp}} l_{cp} + f_{2l_{cp}}) \Delta S ; \quad (24)$$

$$P_{уд2} = e^{K_1\Delta S} (f_{1W} W + f_{2W}) \Delta S ; \quad (25)$$

где $f_{1l_{cp}} l_{cp} + f_{2l_{cp}} = A$; и $f_{1W} W + f_{2W} = A$; A – коэффициент, входящий в формулу.

Таким образом, полученные эмпирическим путем формулы (19) и (20) подтверждает характер зависимости $P_{уд} = f(\Delta S)$, выявленной аналитическим путем.

В таблице 2 приведены числовые значения коэффициентов для определения удельного сопротивления отделению силоса граблиной.

Таблица 2 – Значения коэффициентов $f_{1l_{cp}}$, $f_{2l_{cp}}$, f_{1W} , f_{2W} , K , K_1 для определения удельного сопротивления счесыванию кукурузного силоса

Корм	Коэффициенты					
	K	K_1	f_{1W}	f_{2W}	$f_{1l_{cp}}$	$f_{2l_{cp}}$
Силос кукурузный влажностью $W = 60\%$ ($l_{cp} = 40,5; 50,3; 68,4; 86,5$ мм)	0,22	-	-	-	0,05	1,10
Силос кукурузный $l_{cp} = 106,5$ мм ($W = 50\%; 62\%; 78\%$)	-	0,31	0,11	1,30	-	-

За период работы дозатора при выдаче кормов в кормушки телятам счесывающий транспортер опускаясь (одновременно вращаясь) с крайнего верхнего положения бункера до

его крайнего нижнего положения-днища. При этом на точность дозирования корма машиной может оказать существенное влияние различие плотности корма по высоте (глубине) бункера. Вследствие различия плотности корма по глубине его залегания производительность дозатора в процессе выдачи кормов будет различной, следовательно, будет различным и количество корма, выдаваемое дозатором на единицу фронта кормушки-контейнера [7-9].

Экспериментальные исследования показали, что изменение плотности корма по глубине бункера наблюдается. Как видно из графика (рисунок 6а) на глубине бункера 0,25 м плотность кукурузного силоса составила 300 кг/м³, а на глубине 1 м, то есть у днища – 310 кг/м³, сенажа – соответственно 180 кг/м³ и 192 кг/м³.

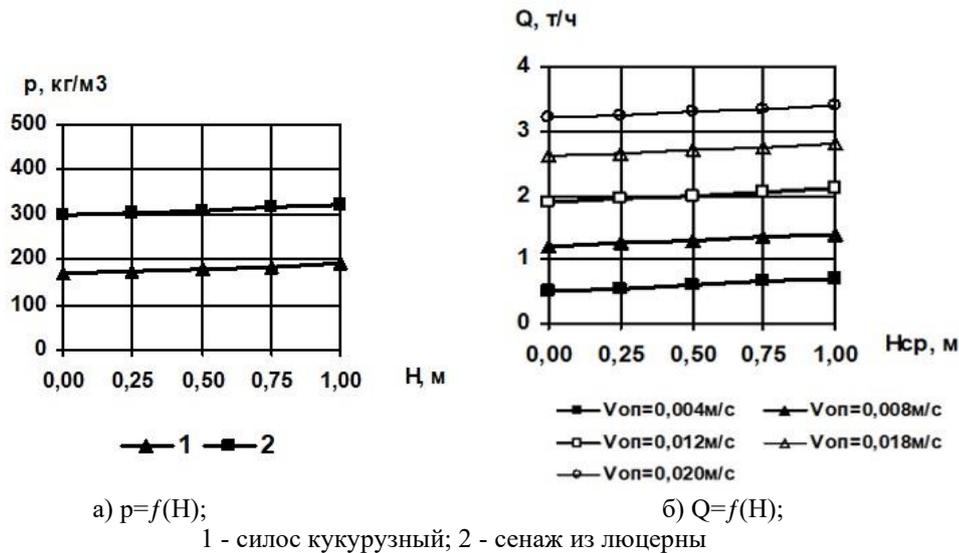


Рис. 6 – Зависимость изменения плотности корма и производительности дозатора от глубины залегания кормового материала в бункере при различной скорости опускания кормоотделительного транспортера

При рассмотрении теории этого вопроса была получена формула, выражающая коэффициент изменения плотности корма в бункере.

Определим числовые значения коэффициента изменения плотности для кукурузного силоса и сенажа из люцерны. Исходя из пропорционального характера изменения плотности корма, запишем:

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho_1 - \rho_0} = \frac{H - H_0}{H_1 - H_0}, \tag{26}$$

где ρ – плотность корма на определенной глубине залегания; ρ_0 – насыпная плотность или плотность верхнего слоя корма; ρ_1 – плотность нижнего слоя корма; H – высота слоев корма равная 1 м.

Для кукурузного силоса $\rho_0 = 300$ кг/м³, $\rho_1 = 310$ кг/м³:

$$\frac{\rho - 300}{10} = \frac{H}{1}; \tag{27}$$

$$\rho = 300\left(1 + \frac{H}{30}\right) \tag{28}$$

Тогда коэффициент изменения плотности для кукурузного силоса в бункере высотой 1 м составит:

$$\alpha = \frac{1}{30} (m^{-1}) \tag{29}$$

Из выражения (29) можно записать:

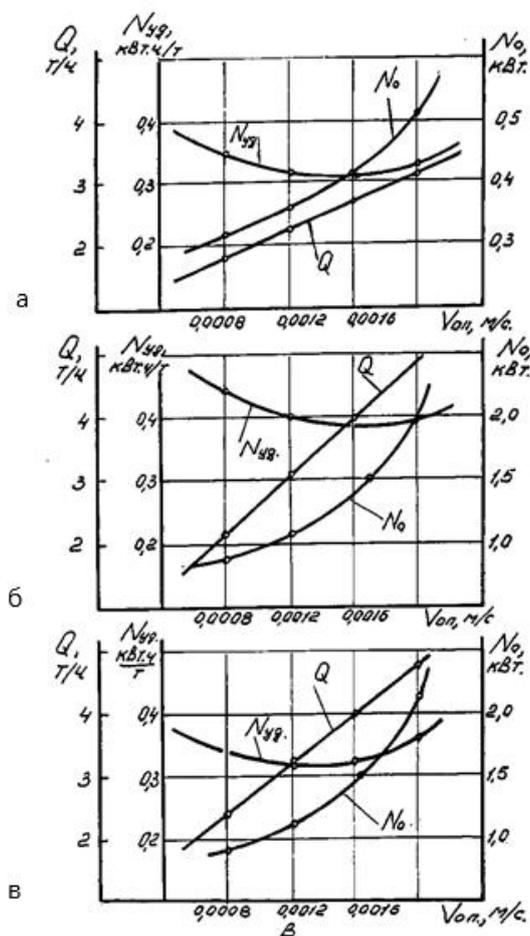
$$\mu = \frac{g}{\alpha \rho_0} = 0,98 \frac{M^5}{кгс^2} \quad (30)$$

Для сенажа из люцерны:

$$\alpha = \frac{1}{12} M^{-1}; \quad \mu = 0,653 \frac{M^5}{кгс^2}. \quad (31)$$

Из графика (рисунок 6б), на которых представлены зависимости изменения производительности дозатора по мере опускания счесывающего транспортера на различную глубину Н в бункере видно, что различия в производительности, также, как и изменение плотности, незначительно, в пределах 2...3%, что не очень существенно влияет на точность дозирования заданной нормы корма. Для мало-уплотняющихся кормов коэффициент α с достаточной для практических целей точностью можно принять равным нулю [9-11].

Характер изменения $N_{уд}$, общей мощности N_0 и производительности Q дозатора от $v_{оп}$ при отделении сена из клевера, зеленой массы и силоса счесывающим транспортером показан на рисунке 7.



а - сено из клевера $\rho = 112 \text{ кг/м}^3$; б - зеленая масса $\rho = 279 \text{ кг/м}^3$; в - силос кукурузный $\rho = 332 \text{ кг/м}^3$

Рис. 7 – Зависимость $N_{уд}$, Q , N_0 от скорости $v_{оп}$ опускания транспортера

Влияние конструктивных параметров и геометрических размеров на $N_{уд}$ определяли при скоростях $v_{оп}$, равных 0,0008 и 0,002 м/с. Значение $v_{оп}$ нашли в ходе сравнительных испытаний.

Отыскание оптимального сочетания факторов, которые влияют на процесс работы раздатчика-смесителя кормов, вели по методике планирования многофакторного эксперимента.

Критериями оптимизации нами выбраны три показателя: неравномерность выдачи кормов (коэффициент вариации) δ , удельная мощность дозатора $N_{уд}$ и качество смешивания ν . На указанные показатели основное влияние оказывают факторы, представленные в таблице 1, где приведены интервалы и уровни варьирования независимых переменных.

В таблице 3 представлены оптимальные конструктивно-режимные параметры раздатчика-смесителя кормов.

Таблица 3 – Оптимальные значения конструктивно-режимных параметров раздатчика-смесителя кормов

Обозначение	Параметры	Пределы значений
X ₁	Скорость опускания счесывающего транспортера, м/с	0,0018-0,020
X ₂	Скорость счесывающего транспортера, м/с	0,91-1,07
X ₃	Скорость движения раздатчика-смесителя, м/с	0,33-0,36
X ₄	Длина кормового бурта, м	0,90-0,94
X ₅	Шаг граблины транспортера, мм	200-207
X ₆	Диаметр пальцев транспортера, мм	10-11
X ₇	Шаг между пальцами по ширине, мм	132-136
X ₈	Зазор между роликом и концом пальца транспортера, мм	40

Выводы.

1. Комбинированный и крючкообразный пальцы оказывают на корм и меньшее по величине давление. Таким образом, эти пальцы с точки зрения динамического воздействия на бурт имеют преимущества в сравнении с прямым пальцем круглого сечения и треугольного сечения, комбинированный и крючкообразный пальцы имеют наименьшие значения сопротивления счесыванию $P=0,025Н/м^2$.

2. По качественному показателю, в частности, равномерности отделения корма с поверхности бурта преимущества имеют прямой палец круглого сечения и прямой палец треугольного сечения. Исследования показали, что наблюдается изменение плотности корма по глубине бункера. При рассмотрении теории этого вопроса получена формула (28), выражающая коэффициент изменения плотности корма в бункере $\rho_{корма}=150-300 кг/м^3$.

3. Теоретические и экспериментальные данные рабочего процесса раздатчика-смесителя кормов позволили определить его конструктивные параметры: скорость опускания счесывающего транспортера – $X_1=0,0019 м/с$; скорость счесывающего транспортера – $X_2=1,02 м/с$; скорость движения раздатчика-смесителя – $X_3=0,34 м/с$; длина кормового бурта $X_4=0,92 м$; шаг граблины транспортера – $X_5=203 мм$; диаметр пальцев транспортера – $X_6=10 мм$; шаг между пальцами по ширине $X_7=134 мм$; зазор между роликом и концом пальца транспортера – $X_8=40 мм$.

Библиография

1. Механизация электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства / А.В. Мачкарин [и др.]. Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. – 194 с.
2. Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов: учебное пособие / С.И. Николаев, О.В. Чепрасова, В.В. Шкаленко [и др.]. Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2018. 148 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. – 10-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2004. – 479 с.
4. Булавин С.А., Воронцов И.И. Мобильный кормоприготовительный агрегат для малых ферм // Техника в сельском хозяйстве. 1991. № 3. С. 31-40.
5. Зарубежная сельскохозяйственная техника: монография / А.Н. Макаренко [и др.]. Москва; Белгород: ООО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2016. 200 с.
6. Технологии и технические средства для выращивания телят: монография / О.А. Чехунов [и др.]. Москва; Белгород : ООО «Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2019. 390 с.
7. Технологии и средства механизации уборки, переработки и утилизации навоза: монография / С.А. Булавин [и др.]. Белгород, ФГБОУ ВО Белгородская ГСХА им. В.Я. Горина, 2013. 334 с.

8. Региональная сельскохозяйственная техника / А.В. Рыжков [и др.]. Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2017. 208 с.
9. Булавин С.А., Любин В.Н., Рыжков А.В. и др. Сельскохозяйственная техника Белогорья // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 1. С. 39-42.
10. Justification of constructive and technological parameters of the vibrating seeding unit / Machkarin A.V., Ryzhkov A.V., Chehunov O., Makarenko A.N. В сборнике: ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. 20th International Scientific Conference. 2021. Pp. 130-135.
11. Мачкарин А.В., Рыжков А.В. Теоретические исследования вибросмешивания сыпучих кормов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 3 (23). С. 43-55.

References

1. Mekhanizatsiya elektrifikatsiya i avtomatizatsiya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [Mechanization of electrification and automation of agricultural production] / A.V. Machkarin [i dr.]. Belgorod : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2019. – 194 s.
2. Kormoproizvodstvo, kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i tekhnologiya kormov: uchebnoe posobie [Feed production, feeding of farm animals and feed technology] / S.I. Nikolaev, O.V. Sheprasova, V.V. Shkalenko [i dr.]. Volgograd : Volgogradskij GAU, 2018. 148 s.
3. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika [Theory of Probability and Mathematical Statistics]: ucheb. posobie dlya vuzov. – 10-e izd., ster. – M. : Vysshaya shkola, 2004. – 479 s.
4. Bulavin S.A., Voroncov I.I. Mobil'nyj kormopriготовitel'nyj agregat dlya malyh ferm [Mobile feed preparation unit for small farms] // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 1991. № 3. S. 31-40.
5. Zarubezhnaya sel'skohozyajstvennaya tekhnika: monografiya [Foreign agricultural machinery] / A.N. Makarenko [i dr.]. Moskva; Belgorod : OOO «Central'nyj kollektor bibliotek «BIBKOM», 2016. 200 s.
6. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya vyrashchivaniya telyat: monografiya [Technologies and technical means for growing calves] / O.A. Shekhunov [i dr.]. Moskva; Belgorod : OOO «Izdatel'sko-knigotorgovyj centr «Kolos-s», 2019. 390 s.
7. Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii uborki, pererabotki i utilizatsii navoza: monografiya [Technologies and means of mechanization of cleaning, processing and disposal of manure] / S.A. Bulavin [i dr.]. Belgorod, FGBOU VO Belgorodskaya GSKHA im. V.YA. Gorina, 2013. 334 s.
8. Regional'naya sel'skohozyajstvennaya tekhnika [Regional agricultural machinery] / A.V. Ryzhkov [i dr.]. Belgorod : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2017. 208 s.
9. Bulavin S.A., Lyubin V.N., Ryzhkov A.V. i dr. Sel'skohozyajstvennaya tekhnika Belogor'ya [Agricultural machinery Belogorye] // Sel'sko-hozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2010. № 1. S. 39-42.
10. Justification of constructive and technological parameters of the vibrating seeding unit / Machkarin A.V., Ryzhkov A.V., Chehunov O., Makarenko A.N. В сборнике: ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. 20th International Scientific Conference. 2021. Pp. 130-135.
11. Machkarin A.V., Ryzhkov A.V. Teoreticheskie issledovaniya vibromeshivaniya syuchih kormov [Theoretical studies of vibration mixing of bulk feeds] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2019. № 3 (23). S. 43-55.

Сведения об авторах

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

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

Information about authors

Machkarin Alexander Viktorovich, candidate of technical sciences, associate professor of department of machinery and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. 8(4722) 38-19-48, E-mail: machkarin@mail.ru

Ryzhkov Andrey Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of department of machinery and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. 8(4722) 38-19-48, E-mail: ryzhkovbgsha@yandex.ru

УДК 631.312.023

А.С. Брусенцов, В.А. Дробот, А.Ю. Николенко

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАМЫ ПРОПАШНОГО КУЛЬТИВАТОРА В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ

Аннотация. В статье представлены исследования напряженного состояния рамы пропашного культиватора в процессе работы. В условиях современных тенденций предпочтения отдаются энергосберегающим сельскохозяйственным агрегатам, выполняющим несколько различных операций за один проход сельскохозяйственной машины по полю. Возможность модернизации пропашных культиваторов, находящихся в эксплуатации на сельскохозяйственных предприятиях, уменьшит затраты на обработку почвы. На основе данных методов расчета напряжений, возникающих в раме пропашного культиватора в процессе его работы можно сказать подходит ли выбранный пропашной культиватор для последующей модернизации. В статье рассматривается работа пропашного культиватора в условиях увеличенной скорости культивации и повышенной влажности. При работе в этих условиях повышается внутренние напряжения рамы пропашного культиватора. Составлена схема и найдены силы приложение к раме. Исследования показывают изменение напряжений в разных частях рамы пропашного культиватора на разных этапах культивации. Получены зависимости параметров внешних воздействий и напряженности рамы пропашных культиваторов в почвенных условиях Краснодарского края. Методика анализа напряженности металлоконструкции рамы пропашного культиватора при проектировании позволяет определять математические ожидания и дисперсии напряжений, что дает возможность оценивать статическую и усталостную прочность конструкций. Установлено, что в процессе культивации преобладающей нагрузкой для рамы является изгиб в плоскости рамы, а в процессе транспортировки - изгиб в плоскости, перпендикулярной плоскости рамы. При движении культиватора в транспортном положении нагруженность конструкции определяется весом борон, используемых в агрегате, а также профилем поверхности, по которой происходит движение и скоростью последнего.

Ключевые слова: рама пропашного культиватора, КПП-4, комбинированный агрегат, напряжённость рамы, культивация почвы.

INVESTIGATION OF THE STRESS STATE OF THE ROW-CROP CULTIVATOR FRAME DURING OPERATION

Abstract. The article presents studies of the stressed state of the frame of a row cultivator in the process of work. In the conditions of modern trends, preferences are given to energy-saving agricultural aggregates that perform several different operations in one pass of an agricultural machine across the field. The possibility of modernization of row cultivators in operation at agricultural enterprises will reduce the cost of tillage. Based on these methods of calculating the stresses arising in the frame of a row cultivator during its operation, it is possible to say whether the selected row cultivator is suitable for subsequent modernization. The article discusses the operation of a tilled cultivator in conditions of increased cultivation speed and high humidity. When working in these conditions, the internal stresses of the frame of the tilled cultivator increase. A diagram was drawn up and the forces of the attachment to the frame were found. Studies show a change in stresses in different parts of the frame of the row cultivator at different stages of cultivation. The dependences of the parameters of external influences and tension on the conditions and operating modes of a row cultivator are obtained. A number of features of loading of a frame of row cultivators in soil conditions of Krasnodar land are revealed. The method of analyzing the tension of the metal structure of the frame of a row cultivator during design allows you to determine mathematical expectations and stress dispersion, which makes it possible to assess the static and fatigue strength of structures. It is established that during cultivation, the predominant load for the frame is bending in the plane of the frame, and during transportation - bending in the plane perpendicular to the plane of the frame. When the cultivator moves in the transport position, the loading of the structure is determined by the weight of the harrows used in the unit, as well as the profile of the surface on which the movement takes place and the speed of the latter.

Keywords: frame of a row cultivator, KPG-4, combined unit, frame tension, soil cultivation.

Введение. В современном сельхозмашиностроении всё больше появляется комбинированных агрегатов, таким образом, целью данной работы является исследование возможности использования несущей конструкции одно операционной машины воспринимать нагрузки в соответствии с установленными рабочими органами и не разрушаться.

По мере развития отрасли сельхозмашиностроения появляются новые машины для возделывания сельскохозяйственных культу также и для обработки почвы [3]. Обработке

почвы перед посевом уделяется много затрат энергии не меньше, чем операции подготовки семенного материала [4]. Работ по изучению напряженного состояния металлоконструкций почвообрабатывающих машин, в частности культиваторов выполнено недостаточно и сегодня возникла необходимость перевооружения парка сельхоз машин за счёт разработки новых комбинированных агрегатов при этом с минимальными затратами. Применение комбинированных агрегатов возможно после уборки, когда необходимо заделать семена в почву не только сорников в период снижения влажности семян за счёт его сушки в валках в течение некоторого времени происходит растрескивание бобов и зерно из них осыпается на почву, т.е. идёт в необратимые потери [5]. Эффективности применения таких агрегатов можно достичь и при использовании после уборки не зерновой части урожая, например, в хозяйствах Краснодарского края уборка осуществляется по классическим схемам: полова-сбор в копнитель или тележку-разбрасывание по полю; солома – укладка в валок на поле – сбор в тележку – измельчение и разбрасывание по полю – сбор в копнитель, остатки соломы с поля можно заделывать, используя также комбинированные агрегаты [6]. Таким образом, появятся энергосберегающие агрегаты, за один проход выполняющие несколько операций, сформулируем для этого несколько задач и постараемся их решить. Перечислим поставленные задачи: проанализировать нагруженность конструкций в различных режимах эксплуатации; получить вероятностно-статистические характеристики внешних воздействий на культиватор и их зависимости от различных условий работы; исследовать напряженность металлоконструкций в процессе эксплуатации; изучить особенности эксплуатации культиваторов в условиях чернозема Краснодарского края; разработать методику, позволяющую оценивать возможные характеристики напряженности металлоконструкций подобных орудий при проектировании. Сформулированные задачи будем реализовывать с учётом почвенно-климатических условий взяв за основу раму культиватора КПП-4 для сплошной культивации как наиболее обладающую высокими прочностными характеристиками.

Цель исследований. Целью исследований является нахождение метода расчета рамы пропашного культиватора в напряженном состоянии при обработке почвы.

Материалы и методы. Так как на территории Российской Федерации на данный период времени требований к структуре почвы после обработки комбинированными сельскохозяйственными машинами нет. Можно утверждать, что структура почвы при правильной обработке с оптимально подобранным режимом обработки должна выглядеть следующим образом. Поверхностный слой почвы (4...6 см) представляет собой смесь фракций размером 1...2 см и мелкозема, способных обеспечить плотный контакт семян с почвой. Подповерхностный слой (от 6 см до 12...14 см) состоит из более крупных почвенных фракций (2...5см), ориентированных в основном по вертикали и при наличии вертикальных пор, что облегчает проникновение вглубь корней растений, воды и воздуха.

Первое и обязательное требование к структуре поверхностного посевного слоя (4...6 см) складывается из необходимости создания почвенных фракций размерами 1...2 см в слое 2...3 см и почвенных фракций размерами 0,5...1 см в слое до 4...6 см. По данным П.У. Бахтина качество обработки почвы можно считать наилучшим, если в ней содержание комков менее 5 см составляет 90...100%, пыли менее 5% (агрегаты менее 0,25 мм), хорошему качеству – 70...90% комков, 5...10% пыли, удовлетворительному соответственно 50...70% комков и 10...15% пыли.

Для формирования структурности почвы необходимо внедрять ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур перед посевом необходимо качественно готовить поверхность почвы для равномерного распределения семян [1]. Одной из ресурсосберегающих технологий является применение современных машинно-тракторных агрегатов, оснащенных технологически обоснованных и спроектированных рабочих органов, и систем для снижения негативного воздействия на почвенный покров [8, 9]. Также современные многомашинные агрегаты для основной обработки почвы или состоящие из отдельных блоков рам, которые испытывают внутренние напряжения необходимо разрабатывать методики для их определения [7, 10].

На основании обзор материалов исследований нагруженности и напряжённости металлоконструкций культиваторов и современных методов исследования сельскохозяйственных машин и орудий отмечается следующее.

Исследования нагруженности культиваторов проводились около 15...20 лет назад на культиваторах, в настоящее время не используемых в сельском хозяйстве. Это ни в коей мере не снижает значения проведенных работ, но, тем не менее, выполнение подобных работ для новых машин и орудий необходимо. В работах последнего времени больше внимания уделяется вопросам, связанным с агротехнической оценкой и отработкой параметров рабочих органов орудий. Энергетический анализ касается, как правило, только горизонтальной составляющей либо тягового усилия, либо нагрузки на рабочий орган. Работе металлоконструкций и общим вопросам нагруженности паровых культиваторов посвящено ограниченное количество исследований. Необходимость создания прочных и надежных конструкций, работающих на повышенных скоростях, привела к использованию для анализа эксплуатационной нагруженности машин и орудий методов статистической динамики, основанных на вероятностно-статистических оценках внешних воздействий и реакций конструкций на эти воздействия.

Общие вопросы динамики регулирования сельскохозяйственных агрегатов освещаются в трудах д.т.н. А.Б. Лурье и его школы. Задача вероятностной оценки нагруженности металлоконструкций решается в общем виде в работах д.т.н. В.Я. Аниловича и его учеников.

И д.т.н. А.Б. Лурье и д.т.н. В.Я. Анилович подчеркивают, что для получения надежных материалов и внедрения их в качестве практических методов проектирования сельскохозяйственных машин и орудий необходимо накопление большого количества статистического материала по различным агрегатам в различных зонах страны. Полученные некоторыми исследователями статические характеристики отдельных параметров могут быть ограничено использованы для оценки нагруженности и напряженности конструкций культиваторов, т.к. они в полном объеме не описывают всех нагрузок, действующих на орудие, в различных условиях работы воспринимают противодействие со стороны почвы, которое передается в виде сопротивления через рабочие органы на элементы рамы [2].

В соответствии с основными режимами эксплуатации культиваторов-транспортным и рабочим - рассматриваются внешние силы, действующие на конструкцию. В процессе культивации приложенное к прицепу снлицы тяговое усилие трактора через стержни снлицы передается на раму культиватора, расходуемого на преодоление сопротивления почвы рабочим органам и перекачиванию орудия. На раму и слицу культиватора через механизм регулировки глубины культивации передается также опорная реакция колеса.

В момент начала выглубления рабочих органов к этим нагрузкам добавляется усилие гидроцилиндра, приложенное к центральному стержню снлицы и к стойке рамы. Кроме того, вертикальная составляющая сопротивления почвы рабочим органам возрастает до максимума, что ведет к увеличению давления колес на почву, а значит к увеличению сопротивления перекачиванию культиватор. При движении в транспортном положении элементы снлицы и рамы нагружаются весом и силами инерции конструкции и борон.

Имеющиеся укрупненные нормативы позволяют определять сопротивление почвы рабочим органам, тяговое сопротивление культиватора. Опорные реакции колес и точки прицепа, известные по направлению и точке приложения, определяются из уравнений равновесия орудия.

Переходя от внешних сил к нагрузкам, действующим непосредственно на слицу и раму конструкции, можно получать схемы их нагружения (рисунок 1).

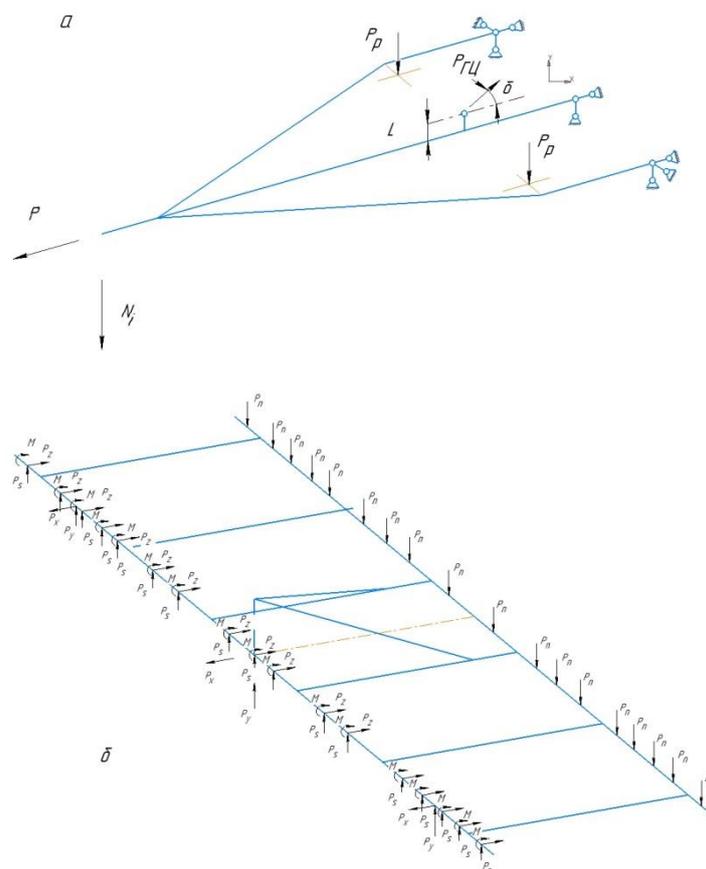


Рис. 1 – Схемы нагружения: а) снщи и рамы; б) культиватора КПГ-4 в момент начала выглубления рабочих органов

Схемы нагружения дают общее представление о нагружении отдельных узлов. Они являются исходными для выполнения статического расчета металлоконструкций. Статические напряжения при известном коэффициенте динамичности позволяют определить запас прочности по пределу текучести. Укрупненные нормативы, являющиеся исходными для определения значений внешних сил, не учитывают ни особенностей работы конструкции в той или иной почвенной зоне, ни влияния различных условий и режимов эксплуатации. Кроме того, справочные материалы не учитывают непрерывное изменение в процессе работы внешних сил, что необходимо для прогнозирования усталостной прочности конструкции. Более полная оценка напряженности элементов конструкции может быть выполнена следующим образом.

Если рассматривать культиватор как разомкнутую систему автоматического регулирования, то внешние силы можно считать входом, а напряжения в i -том сечении k -того стержня – выходом. Поскольку рассматривается упругая стадия работы металлоконструкции, система будет линейной. В этом случае на выходе также будет переменный процесс.

Так как напряженность является результатом действия значительного числа внешних факторов, можно предполагать нормальный характер этого процесса. Для полной характеристики нормального процесса нужно знать его математическое ожидание и дисперсию.

Математическое ожидание может определенно статическим расчетом конструкции. Предполагая стационарность внешних воздействий (а значит и выхода), дисперсию напряженности можно определить по формуле

$$D_{\sigma} = \int_0^{\infty} S_{\sigma}(\omega) d\omega, \quad (1)$$

где $S_{\sigma}(\omega)$ – спектральная плотность напряженности, определяемая выражением

$$S_{\sigma}(\omega) = \sum_1^n |\Phi_l(j\omega)|^2 S_l(\omega) + \sum_{L=1}^n \sum_{\substack{k=1 \\ L \neq k}}^n \Phi_l(j\omega) \Phi_k(j\omega) S_{lk}(\omega), \quad (2)$$

где $|\Phi_i(j\omega)|^2$ - квадрат модуля передаточной функции i - того воздействия; $S_i(\omega)$ - спектральная плотность i - того воздействия; $\Phi_i(j\omega)$; $\Phi_k(j\omega)$ – передаточные функции i -того и k - того воздействия; $S_{ik}(\omega)$ – взаимные спектральные плотности i -того и k - того воздействия.

Дисперсия нормального процесса и его среднее значение - достаточные характеристики для проведения анализа напряжённости с точки зрения не только статической, но и усталостной прочности конструкций.

Однако для выполнения такого анализа необходим ряд характеристик, которые могут быть получены только экспериментальным путем.

Исходя из общих задач исследования и учитывая требования и допущения, сделанные при анализе нагруженности культиваторов, задачи экспериментальных исследований формулируются следующим образом.

1. Исследовать внешние воздействия на конструкцию:

а) установить характер процессов, необходимые статистические характеристики для их описания;

б) изучить влияние различных условий и режимов работы на параметры статистических характеристик;

в) провести корреляционный и спектральный анализ воздействий;

2. Исследовать напряженность элементов конструкций в различных условиях работы.

3. Установить возможные соотношения между составляющими нагрузки на лапе, коэффициентов перекатывания и динамичности в почвенных условиях Краснодарского края.

4. Исследовать взаимодействие снпцы и рамы культиватора.

5. Проверить правомочность предположений, сделанных для теоретического определения характеристик напряженности.

6. Получить необходимые материалы для отработки и анализа динамической модели культиватора.

Во время полевых испытаний регистрировались значения внешних сил, действующих на конструкцию, а также напряжения в отдельных сечениях ее элементов. Тензометрировались культиваторы КП-4А, КПП-4, КПС-4, КСО-4.

Во всех случаях при проведении испытаний контролировались плотность и влажность почвы в слоях 0...5, 5...10, 10...15 см

При исследовании напряженности культиваторов датчики (тензометры сопротивления) устанавливались лишь на одной стороне конструкции. В качестве датчиков внешних сил сопротивления рабочим органам, опорных реакций колес – использовались комплекты тензометров, включенных в измерительную цепь по схемам, исключаям либо растяжение, либо изгиб.

В результате полевых испытаний получена зависимость внешних сил при изменении плотности и влажности почвы, скорости и глубины культивации. Кроме того, получены картины распределения напряжений по элементам конструкций в условиях эксплуатации. На основании этих данных установлены более нагруженные сечения. В дальнейшем при проведении различных сравнительных испытаний, например исследования зависимости напряженности от скорости культивации, регистрировались напряжения только в этих сечениях. Во всех случаях исследования нагруженного состояния конструкций культиваторов тензометрирование осуществлялось на участке длиной 40...50 м при трех повторностях каждой записи.

При исследовании характера процессов воздействий, также характера напряженности элементов конструкции, тензометрирование этих процессов выполнялось на участке длиной 100 м в прямом и обратном направлении. При этом проводилось четыре-пять повторностей для каждого процесса.

Впоследствии, после установления характера процессов при исследованиях производилось однократное тензометрирование на участке длиной 100 метров. Однако в ряде случаев, например, при исследовании зависимостей нагруженности и напряженности от скорости культивации, для контроля получаемых материалов записи повторялись. Полученные дан-

ные обрабатывали по известным методикам. Установлено, что с точки зрения теории случайных величин действующие на культиватор силы можно считать подчиняющимися нормальному закону распределения. Изменение условий эксплуатации не меняет закона распределения. С точки зрения теории случайных функций процессы воздействий представляют собой сумму ряда периодических компонентов и стационарного случайного процесса, обладающего свойством эргодичности.

Периодические компоненты выделялись из автокорреляционных функций воздействий методом огибающих. Доля их в общей дисперсии процессов составляет 12...32%. При этом их объясняется особенностями структуры и рельефа обрабатываемого участка (относительной периодичностью расположения борозд, комков почвы и т.п.) Таким образом для анализа и исследования процессов воздействий может быть использована корреляционная теория случайных функций, т.е. для характеристики процессов достаточно задания их математических ожиданий и корреляционных функций.

Минимальная ориентировочная продолжительность реализаций для получения указанных характеристик составляет 20...35 с. При этом шаг квантования по времени при обработке реализаций транспортного режима и рабочего при скорости агрегата выше 6 км/ч - 0,025 с, а при скорости агрегата до 6 км/ч - 0,05 с.

Полученные материалы дают следующую картину нагруженности конструкции культиваторов в почвенных условиях Краснодарского края. При движении культиватора в транспортном положении нагруженность конструкции определяется весом борон, используемых в агрегате, а также профилем поверхности, по которой происходит движение и скоростью последнего. Средние значения ускорений борон составляют (0,415...0,42)g. Но при преодолении отдельных препятствий их мгновенные значения могут достигать 1,68g.

Переходный процесс заглубления рабочих органов незначителен по времени и зависит от скорости агрегата, уменьшаясь от 1,25 с до 0,5 с с увеличением скорости от 3 до 12 км/ч. При этом резких пиковых изменений нагрузок не наблюдается.

В момент выглубления рабочих органов продолжительность переходного периода увеличивается с ростом скорости культивации от 0,25 с при 3 км/ч до 1,35 с при 12 км/ч. При этом наблюдается импульсное увеличение вертикальных составляющих нагрузок на лапу и колесе. Наибольшее значение они имеют при повышенной влажности почвы, доходя до 165...200% нагрузки установленного режима.

Математические ожидания и дисперсии воздействий возрастают с увеличением скорости и глубины культивации. В интервале рабочих скоростей 3...12 км/ч увеличение средних значений тягового сопротивления составляет 14 кг на метр захвата на каждый километр прироста скорости культивации.

Увеличение плотности почвы приводит к росту математических ожиданий нагрузок на лапы и тягового сопротивления культиватора по прямолинейной зависимости. Сопротивление перекачиванию при этом уменьшается.

Повышение влажности почвы вызывает увеличение тяговых сопротивлений лапы и культиватора. Однако дисперсии процессов при этом уменьшаются, т.к. почва становится более однородной. Вместе с тем увеличивается осадка колес, т.е. растут средние значения и дисперсии сопротивления перекачиванию. При влажности почвы более 35% происходит налипание почвы на колеса, резкое увеличение сопротивления движению, рыскание культиватора.

Дисперсии процессов зависят от структуры почвы. Если принять дисперсии воздействий при работе на участке с величиной комков 0,5...2 см на 100%, то увеличение комков до 8...15 см приводит к росту дисперсий на 35...70% в зависимости от скорости культивации.

Культивация обычно проводится с одновременным боронованием. При увеличении рабочей скорости до 7...8 км/ч сопротивление культиватора с боронами возрастает на 35...42% при небольшом увеличении дисперсии по сравнению с культиватором без борон. Дальнейшее увеличение скорости практически мало увеличивает влияние борон на матема-

тическое ожидание тягового сопротивления, но дисперсия процесса значительно возрастает. Особенно резко это проявляется на сухих и твердых почвах.

На основании полученных экспериментальных материалов составлена номограмма для определения удельного тягового сопротивления универсальной стрелчатой лапы, в зависимости от условий эксплуатации (рисунок 2).

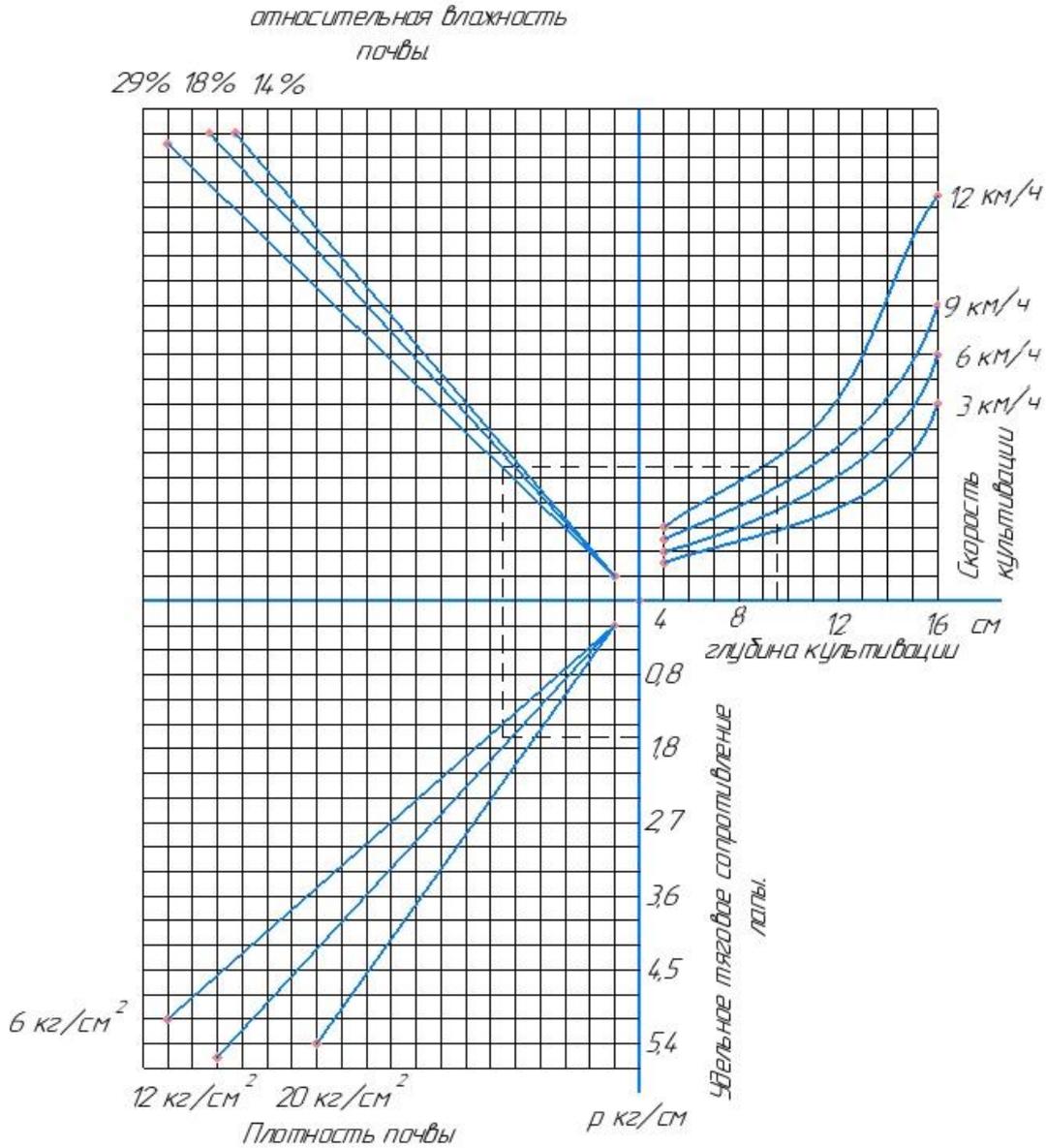


Рис. 2 – Номограмма для определения удельного тягового сопротивления универсальной стрелчатой лапы

Значения остальных воздействий определяются по известным соотношениям, имея в виду при этом, что при обработке североприазовского чернозема:

- а) соотношение между вертикальной и горизонтальной составляющими усилия на лапе колеблется в пределах $R_b/R_r = 0,4 - 0,32$ при толщине лезвия лап 0,5 мм;
- б) коэффициент перекатывания изменяется от 0,15 при работе на сухих твердых почвах до 0,47 в условиях почв мелкоструктурных повышенной влажности;
- в) инерционные нагрузки в процессе культивации можно не учитывать поскольку средние значения ускорений рамы составляют 0,25g.

Нормирование автокорреляционные функции случайной составляющей воздействий аппроксимируются выражениями

$$\rho_x(\tau) = A_1 e^{a_1|\tau|} + A_2 e^{a_2|\tau|} \cos \beta \tau. \quad (3)$$

Советующие им спектральные плотности

$$S_x(\omega) = \frac{A_1 a_1}{\pi(a_1^2 + \omega^2)} + \frac{2A_2 a_2}{\pi} \cdot \frac{a_2^2 + \beta^2 + \omega^2}{(\omega^2 - a_2^2 - \beta^2)^2 + 4a_2^2 \omega^2}. \quad (4)$$

Параметры, входящие в эти выражения, принимают значения: $A_1=0,25-0,5$; $A_2=0,75-0,5$; $a_1=1,19-19,9$; $a_2=0,07-2,76$; $\beta=0,894-14,9$ в зависимости от режимов и условий работы орудия.

Процессы воздействия на культиваторы являются низкочастотными и узкополосными. Ширина полосы спектра частот не превышает 37,7 1/с и зависит от условий работы. Так, при скорости культивации до 6 км/час ширина полосы составляет 3,14...6,28 1/с, повышение скорости до 12 км/ч вызывает ее увеличение до 32...37,7 1/с. При этом максимум $S(\omega)$ смещаются в сторону более высоких частот. Увеличение скорости культивации приводит к росту частоты и энергии взаимодействия элементов конструкции и структурных компонентов почвы, вследствие чего максимумы спектральных плотностей воздействий смещаются в сторону более высоких частот.

К аналогичным результатам приводят увеличение глубины обработки почвы. Чем меньше глубина культивации, тем легче переместить комок почвы, тем «мягче» взаимодействие его с конструкцией. Поэтому с увеличением глубины культивации время корреляционной связи уменьшается, а величины доминирующих частот в спектрах воздействий возрастает.

Взаимная корреляционная связь воздействий незначительна. В первом приближении ею можно пренебречь.

В транспортном положении суммарные напряжений в элементах рам культиваторов не превышают 70 МПа. Однако в отдельные моменты движения возможны всплески напряжений до 19,4 МПа и более. В целом для рам преобладающей нагрузкой является изгиб в плоскости, перпендикулярной плоскости рамы;

В процессе культивации преобладающей нагрузкой является изгиб в плоскости рамы. При этом наиболее нагруженным являются передние брусья. Наибольшие нормальные напряжения в их средних сечениях 17...24 МПа. Касательные напряжения в стержнях рам невелики (24...28 МПа).

На напряженность элементов рам существенное влияние оказывает работа стержней снпцы: передача тягового усилия на раму всеми стержнями значительно снижает напряженность конструкции; влияние изгибных деформаций стержней снпцы незначительно. В связи с этим необходимо обеспечивать при проектировании достаточную для передачи тягового усилия жесткость переднего узла снпца.

Коэффициенты динамичности напряженности элементов конструкции изменяются от 1,4 до 2,2 в зависимости от режима работы культиватора. Наибольшие значения имеют место при транспортном режиме (1,8...2,2) и при культивации сухих твердых почв.

Напряженность элементов конструкций культиваторов можно рассматривать как нормально распределенную случайную величину, а с точки зрения теории случайных процессов как сумму стационарного эргодического случайного процесса и ряда периодических компонентов.

Автокорреляционные функции и спектральные плотности случайной составляющей напряженности аппроксимируются выражениями, аналогичными выражениям этих функций для воздействий.

Доля периодических компонентов в общей дисперсия процесса колеблется от 0,08 до 0,35 в процессе культивации и до 0,4...0,48 при движении в транспортном положении.

Случайная составляющая напряженности представляет собой узкополосный процесс, энергия которого сосредоточена в полосе частот шириной 1,5...2 1/с. Расположение полосы частот зависит от режима культивации: для скоростей до 6 км/ч доминирующие частоты не превышают 3 1/с, а при 9...12 км/ч - 7...12 1/с.

Для большинства элементов конструкций напряжения достигают максимальных значений в момент начала выглубления рабочих органов. Коэффициенты запаса статической прочности, вычисленные по пределу текучести, для этого периода работы находятся в пределах 1,4...2.

Для таких элементов, как передние и задние брусья культиваторов необходима проверка усталостной прочности.

Усталостную прочность целесообразно определять: для крайних сечений переднего бруса для режима культивации, для остальных элементов по нагрузкам в период транспортировки культиватора с навешенными боронами.

Все характеристики усталости получены при симметричных циклах нагружения. На практике процессы напряженности элементов, как правило, далеки от этого. Поэтому для того, чтобы можно было провести оценку усталостной прочности нужно привести реальный процесс к симметричному циклу, т.е. схематизировать его.

Существуют различные методы схематизации. На практике наиболее часто применяются методы максимумов и размахов.

Для металлоконструкций культиваторов распределение максимумов подчиняется нормальному закону, а распределение размахов-логарифмически-нормальному. Кроме того, распределение максимумов дает спектр большей напряженности. Следовательно, запасы усталостной прочности, вычисленные для различных схематизаций, будут различными и меньшее значение будет соответствовать систематизации по максимумам.

Коэффициенты запаса усталостной прочности колеблются в пределах $n_1=1,4...2,2$, что можно считать вполне удовлетворительным для исследуемых условий эксплуатации.

На основании данных экспериментальных исследований установлено, что для описания напряженности элементов металлоконструкций достаточно знать математическое ожидание и дисперсию процесса. При математическое ожидания воздействий и напряженности в пределах одного участка можно считать постоянными. Тогда, учитывая линейность системы, задачу определения математического ожидания напряженности можно рассматривать как статическую.

Для определения дисперсий напряженности при заданном воздействии необходимы динамические характеристики конструкции. Они могут быть определены из уравнений колебания ее элементов.

Таким образом, задаче определения характеристик напряженности разбивается на две части:

- 1) определение математических ожиданий напряженности или статика культиватора;
- 2) определение дисперсий напряженности или динамика культиватора.

Металлоконструкции прицепных культиваторов представляют собой многократно статически неопределимые системы. Поэтому целесообразно несколько упростить задачу, разъединив сницу и раму по шарнирам совместных узлов. Поскольку и рама и сница опираются на оси кронштейнов колес в вертикальной плоскости они могут рассматриваться раздельно. При расчете узлов в горизонтальной плоскости для определения усилий взаимодействия нужно проанализировать совместные деформации сницы и рамы. Так как влияние изгиба стержней на работу рамы незначительно, деформация рамы в значительной мере зависит от жесткости элементов сницы при растяжении.

Податливость рамы при действии нагрузки, приложенной в месте крепления бокового стержня сницы, во много раз выше податливости последнего. Рассматривая точки соединения рамы со сницей как шарнирные опоры рамы и определив их опорные реакции, можно считать, что эти реакции воспринимаются боковыми стержнями сницы.

Для теоретического анализа прочности конструкций может использоваться программу АПМ WinMachine.

Материалы, представленные в работе, позволяют определить значение коэффициента динамичности для заданных условий эксплуатации и значит вычислить коэффициент запаса статической прочности.

Дисперсий напряженности могут быть определены с помощью передаточных функций системы. При этом, поскольку взаимной корреляционной связью можно пренебречь, изображение для определения спектральной плотности напряженности принимает вид

$$S_B(\omega) = \sum_1^n |\Phi_i(\omega)|^2 S_i(\omega). \quad (5)$$

Спектральные плотности воздействий $S_i(\omega)$ определяются по приведенным в работе данным. Передаточные функции системы могут быть получены из уравнений колебаний элементов рамы.

Однако, прежде чем анализировать колебания элементов рамы, целесообразно сравнить частоты воздействий и основную частоту конструкции.

Решение уравнения частот для рамы культиватора КПП-4 дает значение основной частоты 420 1/с. Доминирующие частоты спектров воздействий не превышают 32...37 1/с. Как известно из строительной механики, эффект такой нагрузки будет близок к статическому. То есть, в диапазоне частот воздействий динамические характеристики системы можно рассматривать как постоянные величины.

В таком случае передаточные функции (вернее коэффициенты) системы могут быть определены, как напряжения в исследуемом сечении от единичной силы, действующей в месте приложения к раме соответствующего внешнего воздействия.

Спектральная плотность напряженности в этом случае определится как

$$S_B(\omega) = \sum_1^n \left[|A_i'(x)|^2 S_i(\omega) + |A_i''(x)|^2 S_i(\omega) \right], \quad (6)$$

где $A_i'(x)$ и $A_i''(x)$ – передаточные коэффициенты по i -тому воздействию в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Анализ по предлагаемой методике напряженности рамы культиватора КПП-4 по условиям одного из полевых экспериментов дает вполне удовлетворительные результаты: расхождение с экспериментальными данными при расчете среднего значения 15...27%, при расчете дисперсий – 18...24%. Таким образом наличие статистических характеристик внешних воздействий позволяет более рационально с точки зрения прочности проектировать несущие системы культиваторов.

Знание характеристик воздействий дает возможность организовать стендовые испытания культиваторов: воспроизводя с помощью генератора случайных процессов воздействия на конструкцию, можно моделировать различные условия работы культиватора.

Заключение. Проведенные исследования нагруженности и напряженности металлоконструкций прицепных культиваторов для сплошной обработки почвы в почвенных условиях Краснодарского края позволяют сделать следующие выводы.

1. Действующие на культиватор нагрузки и возникающие в элементах конструкции напряжения с точки зрения теории случайных величин можно считать подчиняющимися нормальному закону распределения. С точки зрения теории случайных процессов они представляют собой сумму периодических компонентов и эргодического стационарного случайного процесса.

2. Для анализа и исследования процессов может быть использована корреляционная теория случайных процессов, т.е. для их описания достаточно задания математических ожиданий и корреляционных функций.

3. Ориентировочная минимальная продолжительность реализации, необходимая для получения указанных характеристик, составляет 20...35 с.

4. Получены зависимости параметров внешних воздействий и напряженности от условий и режимов эксплуатации культиватора. Выявлен ряд особенностей нагруженности культиваторов в почвенных условиях Краснодарского края.

5. Установлено, что в процессе культивации преобладающей нагрузкой для рамы является изгиб в плоскости рамы, а в процессе транспортировки - изгиб в плоскости, перпендикулярной плоскости рамы.

6. На напряженность элементов рамы существенное влияние оказывает работа стержневой снлицы передача тягового усилия на раму всеми стержнями существенно снижает напряженность конструкции.

7. Коэффициенты динамичности напряжений элементов конструкций изменяются от 1,4 до 2,2 в зависимости от режима работы культиватора.

8. Для большинства элементов конструкций напряжения достигают максимальных значений в момент начала выглубления рабочих органов, поэтому этот момент должен приниматься в качестве расчетного. Для существующих конструкций коэффициент запаса статической прочности, вычислений по пределу текучести материала, находится в пределах 1,4...2.

9. Для передних и задних брусев рам культиваторов необходима проверка усталостной прочности. Усталостную прочность целесообразно проверять для крайних сечений переднего бруса в режиме культивации, в остальных случаях – в период транспортировки культиватора с навешенными боронами. Коэффициенты запаса колеблются в пределах $n_{-i}=1,4...2,2$, что можно считать достаточным для исследуемых условий эксплуатации.

Библиография

1. Устройство для посева семян зерновых культур: пат. 2275782 Рос. Федерация. № 2004133161/12/ Медовник А.Н ; заявл. 12.11.2004; опубл. 10.05.2006, Бюл. № 13. 8 с.
2. Трубилин Е.И., Дробот В.А. Силы сопротивления почвы при воздействии на нее горизонтально расположенного дискового рабочего органа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 118. С. 61-74. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/03.pdf>
3. Устройство для безотвальной обработки почвы: пат. 2404558 Рос. Федерация. №2009100361/21/ Тарасенко Б.Ф ; заявл 11.01.2009; опубл. 27.11.2010, Бюл. № 33. 7 с.
4. Машина для предпосевной обработки семенного материала: пат. 2517735 Рос. Федерация. № 2012137988/13/ Серга Г.В ; заявл. 05.09.2012; опубл. 27.05.2014, Бюл. № 15. 7с.
5. Способ уборки гороха прямым комбайнированием и устройство для его осуществления: пат. 2262831 Рос. Федерация. № 2004108817/12/ Брусенцов А.С.; заявл. 24.03.2004 ; опубл. 27.10.2005, Бюл. № 30. 5 с.
6. Михеенко А.А., Брусенцов А.С. Энергосберегающие технологии при уборке не зерновой части урожая зерновых и зернобобовых культур// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. 2016. С. 372.
7. Трубилин Е.И., Масловский В.И., Дробот В.А., Брусенцов А.С., Юриков В.В. Многомашинные агрегаты для основной обработки // Журнал: Техника и оборудование для села. 2017. № 12. С. 10-15.
8. Брусенцов А.С., Дробот В.А. Исследование влияния конструктивных особенностей рабочих органов почвообрабатывающих машин на качество выполняемой операции //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. №156. С. 180-191. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2020/02/pdf/11.pdf>
9. Трубилин Е.И., Дробот В.А., Брусенцов А.С. Горизонтальный дисковый рабочий орган // Журнал: Сельский механизатор. 2014. № 11. С. 22-23.
10. Дробот В.А., Брусенцов А.С. Агротелиоративные приемы при поверхностной обработке почв// В сборнике тезисов: Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 252.

References

1. Ustrojstvo dlya poseva semyan zernovykh kul'tur.[Device for sowing seeds of grain crops]: pat. 2275782 Ros. Federation. No. 2004133161/12/ Medovnik A.N.; application 12.11.2004; publ. 10.05.2006, Bul. No. 13. 8 p.
2. Trubilin E.I., Drobot V.A. Sily soprotivleniya pochvy pri vozdeystvii na nee gorizontally raspolozhennogo diskovogo rabocheho organa. [Soil resistance forces when exposed to it by a horizontally placed disk working organ] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 118. pp. 61-74. Electronic resource. Access mode: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/03.pdf>
3. Ustrojstvo dlya bezotval'noj obrabotki pochvy. [Device for non-tillage tillage]: pat. 2404558 Ros. Federation. No.2009100361/21/ Tarasenko B.F. ; application 11.01.2009; publ. 27.11.2010, Bul. No. 33. 7 p.
4. Mashina dlya predposevnoj obrabotki semennogo materiala. [Machine for pre-sowing processing of seed material]: pat. 2517735 Ros. Federation. No. 2012137988/13/ Serga G. In ; application. 05.09.2012; publ. 27.05.2014, Bul. No. 15. 7с.
5. Sposob uborki goroha pryamym kombajnirovaniem i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya. [Method of harvesting peas by direct combine harvester and device for its implementation]: pat. 2262831 Ros. Federation. No. 2004108817/12/ Brusentsov A.S. ; application 24.03.2004 ; publ. 27.10.2005, Bul. No. 30. 5 p.
6. Mikheenko A.A., Brusentsov A.S. Energosberegayushchie tekhnologii pri uborke ne zernovoj chasti urozhaya zernovykh i zernobobovykh kul'tur. [Energy-saving technologies for harvesting non-grain part of grain and le-

guminous crops] // In the collection: Scientific support of the agro-industrial complex. Collection of articles based on the materials of the IX All-Russian Conference of Young Scientists. 2016. p. 372.

7. Trubilin E.I., Maslovsky V.I., Drobot V.A., Brusentsov A.S., Yurikov V.V. Mnogomashinnye agregaty dlya osnovnoj obrabotki. [Multimachine aggregates for basic processing] // Journal: Machinery and equipment for the vil-lage. 2017. No.12. pp. 10-15.

8. Brusentsov A.S., Drobot V.A. Issledovanie vliyaniya konstruktivnyh osobennostej rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin na ka-chestvo vypolnyaemoj operacii. [Investigation of the influence of the design features of the working bodies of tillage machines on the quality of the operation performed] // Polythematic online elec-tronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2020. No.156. pp. 180-191. Electronic resource. Ac-cess mode: <http://ej.kubagro.ru/2020/02/pdf/11.pdf>

9. Trubilin E.I., Drobot V.A., Brusentsov A.S. Gorizontallyj diskovyj rabochij organ. [Horizontal disk work-ing organ] // Journal: Rural mechanizer. 2014. No. 11. pp. 22-23.

10. Drobot V.A., Brusentsov A.S. Agromeliorativnye priyomy pri poverhnostnoj obrabotki pochv. [Agrome-liorative techniques for surface treatment of soils] // In the collection of abstracts: All-Russian Scientific and Practical Conference. 2021. p. 252.

Сведения об авторах

Брусенцов Анатолий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры процессы и машины в аг-робизнесе, ФГБОУ ВО КубГАУ им. Трубилина, ул. Калинина д.13, г. Краснодар, Россия, 350044, тел. +7 (861) 221-59-31, e-mail КубГАУ: mail@kubsau.ru, личный e-mail: anatoley31@mail.ru

Дробот Виктор Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материа-лов, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, пер. Школьный, д.10, станица Платнировская, Кореновский район, Красно-дарский край, Россия, 353177, +7-918-211-22-93, e-mail: drobot.viktor.85@mail.ru

Николенко Александр Юрьевич, студент, факультета механизации, ФГБОУ ВО КубГАУ им. Трубили-на, ул. Калинина д.13, г. Краснодар, Россия, 350044, тел. +7 (861) 221-59-31, e-mail КубГАУ: mail@kubsau.ru, личный e-mail: nikolenko.145@gmail.com

Information about authors

Brusentsov Anatoly Sergeyevich, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of processes and machines in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», str. Kalinina 13., Krasnodar, Russia, 350044, tel. +7 (861) 221-59-31, e-mail: mail@kubsau.ru, personal e-mail: anatoley31@mail.ru

Drobot Viktor Alexandrovich, candidate of technical Sciences, Professor of Department Materials Resistance Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin». str. Shkolny Lane 10, Platnirovskaya stanitsa, Korenovsky district, Krasnodar region, Russia, 353177, +7-918-211-22-93, e-mail: drobot.viktor.85@mail.ru

Nikolenko Alexander Yurievich, student of department of processes and machines in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Tru-bilin », str. Kalinina 13., Krasnodar, Russia, 350044, tel. +7 (861) 221-59-31, e-mail Kubgau: mail@kubsau.ru, person-al e-mail: nikolenko.145@gmail.com

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 635.1:631.5

А.И. Бохан, В.Е. Юдаева, В.Л. Налобова, Н.В. Коцарева

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СВЕКЛЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К КОРНЕЕДУ И ВИРУСНЫМ БОЛЕЗНЯМ

Аннотация. Урожайность корнеплодов свеклы резко снижается при поражении растений корнеедом и вирусными болезнями на 30-50%. Поэтому выделение источников устойчивости к данным болезням для использования их в селекционном процессе является актуальным направлением. В статье обобщены результаты исследований по выделению источников устойчивости свеклы к корнееду и вирусным болезням. Установлено, степень поражения корнеедом у многосемянной и односемянной свеклы в наших исследованиях была практически одинаковой. Наименьший балл поражения имели сахаристые образцы свеклы, 1,25 (0,4-2,1); типично кормовые – 1,55 (0,1-3,0) и полусахарные – 1,5 (0,1-2,9). Степень развития болезни у полусахарных образцов – 27,5% (2-53), сахаристых – 27,5% (8-57) и у типично кормовых 29,0% (2-56). При полевом изучении образцов столовой свеклы у образцов с плоской формой корнеплода средний балл поражения равнялся 0,80 (0,2-1,4), степень развития болезни – 22% (5-39), распространенность болезни – 30% (12-48). У образцов с округлой и округло-плоской формой корнеплода средний балл поражения - 0,5 (0,1-0,9), степень развития болезни – 14,5% (2-27), распространенность болезни – 21% (6-36). У образцов с удлиненной формой корнеплода средний балл поражения был 0,4 (0,2-0,6), степень развития болезни – 13,5% (5-22), распространенность болезни – 23,5 (14-33). Выделены источники устойчивости к корнееду урожайные образцы кормовой свеклы Aurora (Франция), Monorosa (Германия) и Favorite (Нидерланды). Из образцов столовой свеклы устойчивых к корнееду были выделены Adoptiv (Швеция) и Сквирская односемянная (Россия). В результате иммуноферментного анализа 30 коллекционных образцов свеклы столовой в растениях не обнаружена скрытая вирусная инфекция вируса некротического пожелтения жилок свеклы, вируса мозаики листьев люцерны, желтого западного вируса свеклы. Анализ образцов свеклы на пораженность вирусами показал, что среди анализируемых 30 коллекционных образцов свеклы столовой выделено 13,3 % образцов с признаками проявления мозаики. Без признаков поражения вирусами выделено 86,7%-93,3% образцов.

Ключевые слова: свекла, коллекционный образец, устойчивость, корнеед, вирусные болезни.

EVALUATION OF BEET SAMPLES FOR RESISTANCE TO DISEASES AND VIRUSES

Abstract. The yield of beet root crops sharply decreases when plants are affected by diseases and viral by 30-50%. Therefore, the allocation of sources of resistance to these diseases for their use in the breeding process is an urgent direction. The article summarizes the results of research on the identification of sources of beet resistance to diseases and viruses. It was found that the degree of disease damage in multi-seeded and single-seeded beets in our studies was almost the same. Sugar beet samples had the lowest lesion score, 1.25 (0.4-2.1); typically fodder – 1.55 (0.1-3.0) and semi-sugar - 1.5 (0.1-2.9). The degree of development of the disease in semi-sugar samples is 27.5% (2-53), sugary samples – 27.5% (8-57) and in typical fodder samples - 29.0% (2-56). During the field study of table beet samples in samples with a flat root crop shape, the average lesion score was 0.80 (0.2-1.4), the degree of disease development was 22% (5-39), the prevalence of the disease was 30% (12-48). In samples with rounded and rounded-flat root crop shape, the average lesion score is 0.5 (0.1-0.9), the degree of disease development is 14.5% (2-27), the prevalence of the disease is 21% (6-36). In samples with an elongated root crop, the average lesion score was 0.4 (0.2-0.6), the degree of disease development was 13.5% (5-22), the prevalence of the disease was 23.5 (14-33). The sources of disease resistance were identified: high-yield samples of fodder beet Aurora (France), Monorosa (Germany) and Favorite (the Netherlands). From the samples of table beet resistant to diseases, Adoptiv (Sweden) and Skvirskaya single-seeded (Russia) were isolated. As a result of enzyme immunoassay of 30 collection samples of table beet, no latent viral infection of the necrotic yellowing of beet veins virus, alfalfa leaf mosaic virus, yellow western beet virus was detected in plants. Analysis of beet samples for virus infestation showed that among the analyzed 30 collection samples of table beet, 13.3% of samples with signs of mosaic manifestation were isolated. 86.7%-93.3% of samples were isolated without signs of virus damage.

Keywords: beetroot, collection sample, resistance, complex of diseases, viral diseases.

Введение. В настоящее время селекционерами многих стран созданы ценные высокоурожайные, экологически пластичные сорта. Однако одним из главных недостатков большинства сортов и гибридов зарубежной селекции является их низкая устойчивость к болезням. Создание и внедрение в производство высокоустойчивых к болезням сортов и гибридов

является наиболее экономичным и экологически безопасным методом защиты растений овощных культур от болезней [1-8].

Полевая всхожесть семян свеклы нередко составляет 41-47% от лабораторной, а сохранность растений к возрасту 1-2 пары настоящих листьев – 26-36% [9]. При этом, наряду с сортовыми особенностями, почвенно-климатическими условиями и уровнем агротехники, значительную роль играет корнеед, поражающий всходы и молодые растения [10, 11]. Вредоносность корнееда особенно ощутима при современной технологии возделывания свеклы, когда посев семян проводится на конечную густоту стояния растений.

Корнеед вызывается комплексом микроорганизмов – почвенных грибов и бактерий, а также микроорганизмов, заселяющих соплодия [12]. Установлено, что корнеед вызывают около 80 видов микрофлоры. В годы с прохладной весной преобладают грибы из родов *Phytium* и *Rhoma*, а в жаркую на более поздних фазах развития – *Aphanomyces* [13]. При сильном поражении корнеедом растения погибают. Растения, переболевшие корнеедом, снижают урожай корнеплодов на 30-50%. Ежегодные потери урожая составляют около 15% [14]. Особенно активизируется болезнь на переувлажненной, тяжелой, кислой и запыляющей почве [15], а также при длительной монокультуре. Иммуных к этой болезни форм и сортов свеклы пока не выявлено. Поэтому проблема выведения устойчивых к корнееду сортов свеклы стоит очень остро [16].

Двухлетний цикл развития свеклы затрудняет изучение устойчивости в связи с тем, что одно и то же заболевание имеет различные симптомы в период вегетации, хранения корнеплодов и выращивания семенников [17, 18].

Для селекции свеклы столовой в условиях Центрального региона России В.И. Буренин, Т.М. Пискунова, Т.В. Хмелинская [7] рекомендуют следующие источники устойчивости к корнееду: Айняй (Литва), Подзимняя (Россия), Rote Kugel и Red Ball (Нидерланды), Boston Crosby, Formanova и July Globe (США), Obelisk и Top Market (Австралия), Mestna populacia (Болгария), Monogram (Великобритания).

В качестве исходного материала для селекции свеклы столовой, по мнению М.И. Федоровой, В.А. Степанова [8] следует использовать раздельноплодные сортообразцы: Одно-ростковая, Бордо односемянная, Нежность, Любава, Гаспадыня, Adoptiv, Banko, Boltardi, Luxor, Mona, Monodet, Monogram, Red Cross, Mono-king Explorer, а также формы, созданные на их основе.

На растениях свеклы наиболее распространены и вредоносны следующие вирусы: вирус мозаики листьев свеклы, вирус мозаики листьев люцерны, желтый западный вирус свеклы, вирус некротического пожелтения жилок свеклы [19].

Таким образом, для успешной работы селекционеру необходим разнообразный исходный материал. Началом селекционного процесса является изучение генофонда. Для выведения новых высокопродуктивных сортов и гибридов свеклы особую значимость приобретают научно обоснованный выбор исходного материала, его разнообразие и степень изученности.

Цель работы – оценка коллекционных образцов свеклы на устойчивость к корнееду и вирусным болезням, выделение источников устойчивости для использования их в селекционном процессе.

Материалы и методы исследований. В 2011-2021 гг. проводили оценку образцов свеклы на опытном поле и лабораторной базе РУП «Институт овощеводства», расположенном в п. Самохваловичи Минского района Республики Беларусь, ФГБНУ «ФНЦ Садоводства», расположенном в п. Михнево Ступинского района Московской области, в ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, расположенном в п. Майский Белгородского района.

В работе использовали семена образцов свеклы отечественного и зарубежного происхождения, полученные из мировой коллекции ВИР. Оценка коллекционного выбора кормовой и столовой свеклы выполняли в полевых условиях на естественном фоне в период эпифитотии заболевания, согласно «Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений: морковь, свёкла, редис, редька, дайкон, репа, брюква, пастернак» (2003) [20], «Ме-

тодика полевого опыта в овощеводстве» (2011) [21]. Вычисляли степень развития и распространенность болезни и средний балл поражения, для чего использовали унифицированную шкалу (в баллах), отражающую количественные и качественные признаки поражения: 0 – признаки поражения отсутствуют; 1 балл – поражено до 10% поверхности растений; 2 – поражено 11-25%, 3 – поражено 26-50%, 4 балла – поражено свыше 50%. На основании данных бальной оценки образцы подразделены по типу устойчивости на: непоражаемые (0 баллов), практически устойчивые (1 балл), слабо поражаемые (2 балла), среднепоражаемые (3 балла) и сильно поражаемые (4 балла).

Оценку коллекционных образцов свеклы на пораженность вирусными патогенами проводили методами визуальной и иммуноферментной диагностики [19].

В настоящее время точная диагностика фитопатогенных вирусов стала возможна при дополнении классических методов идентификации современным методом иммуноферментного анализа (ИФА).

Принцип метода ИФА заключается в образовании комплекса между специфическими антивирусными иммуноглобулинами (антителами) и антигенами белка оболочки вирусов в соке растений, нанесенного на планшет, с последующим добавлением ферментного маркера и определенного для данного набора субстрата (щелочная фосфатаза). По интенсивности окраски субстрата определяется количественное содержание скрытой вирусной инфекции.

Иммуноферментный анализ (ИФА) проводили с использованием наборов фирмы Adgen (Шотландия) с помощью спектрофотометра СФ-46 при длине волны 480 нм, определяя относительную концентрацию вирусных частиц в пробах.

Метеорологические условия вегетационного периода за годы исследований различались по температурному режиму, количеству и распределению выпавших осадков, что позволило наиболее полно оценить образцы свеклы по основным хозяйственно полезным признакам и выявить достоинство и недостатки изучаемых форм.

Результаты исследований и их обсуждение. При полевой оценке 53 образцов кормовой свеклы в 2014-2016 годах установлено, что все они восприимчивы к корнееду (табл. 1).

Таблица 1 - Степень поражаемости коллекционных образцов кормовой свеклы корнеедом, 2014-2016 гг.

Группа	Число изученных образцов	Средний балл поражения	Степень развития болезни, %	Распространенность болезни %
Типично кормовые				
Среднее	25	1,55	29,0	41,5
Минимум		0,1	2,0	8,0
Максимум		3,0	45,0	75,0
Полусахарные				
Среднее	25	1,5	27,5	39,5
Минимум		0,1	2,0	6,0
Максимум		2,9	53,0	73,0
Сахаристые				
Среднее	3	1,25	27,5	29,5
Минимум		0,4	8,0	14,0
Максимум		2,1	47,0	45,0

Наименьший балл поражения имели сахаристые образцы свеклы, 1,25 (0,4-2,1); типично кормовые – 1,55 (0,1-3,0) и полусахарные – 1,5 (0,1-2,9). Степень развития болезни у полусахарных образцов – 27,5% (2-53), сахаристых – 27,5% (8-57) и у типично кормовых 29,0% (2-56).

Анализ результатов показал некоторую закономерность, чем меньше поражение корнеедом, тем выше урожайность кормовой свеклы (табл. 2). Наиболее урожайные образцы Аурога и Фаворит в меньшей степени (0,1-0,3 балла) поражались в годы исследований кор-

недом, чем стандарты Эккендорфская желтая (10,8) и Сахарная округлая (0,9) при урожае 85,9 и 41,5 кг/10 м².

Таблица 2 - Устойчивые к корнееду образцы свеклы, 2014-2016 гг.

№ по временному каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Средний балл поражения	Распространенность болезни %	Урожай кг/10м ²	
					корнеплод	% к стандарту
Типично кормовые						
1385	Эккендорфская желтая (стандартная)	Россия	0,8	21	85,9	100
1818	Аумога	Франция	0,1	21	118,2	137
2190	Гибрид урожайный	Россия	0,5	23	98,7	114
1685	Синьор	Польша	0,5	26	87,9	102
Полусахарные						
0143	Сахарная округлая (стандарт)	Россия	0,9	32	41,5	100
570	Фаворит	Нидерланды	0,3	15	74,6	190
1836	Tetrose	Франция	0,3	17	66,9	159
Сахаристые						
1729	Frise	Нидерланды	0,4	14	42,9	101

По-видимому, продуктивные биотипы обладают более высокими темпами роста, быстрее проходят «опасный» период поражения болезнью, чем низкопродуктивные. Сильно поражались (2-3 балла) типично кормовые полиплоидные сорта Полипродуктива и Лада; они имели и низкую урожайность. Исключение составляет образец Голиаф, который имел урожайность на уровне стандарта. Из полусахарных выделились TasaTrifolium и Solo, из сахаристых – Poly Plast (табл. 3).

Таблица 3 - Образцы многосемянной кормовой свеклы, сильно поражающиеся корнеедом, 2014-2016 гг.

№ по временному каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Средний балл поражения	Распространенность болезни %	Урожай кг/10м ²	
					корнеплод	% к стандарту
Типично кормовые						
1385	Эккендорфская желтая (стандартная)	Россия	0,8	21	85,9	100
2269	Голиаф (4х)	Россия	2,1	55	87,9	102
2271	Лада (4х)	Россия	2,0	52	79,6	92
2281	ЖДП (4х)	Россия	2,0	52	78,1	91
2272	Полипродуктива		3,0	75	63,7	74
Полусахарные						
0143	Сахарная округлая	Россия	0,9	32	41,5	100
2106	TasaTrifolium	Дания	2,9	73	52,3	126
2343	Solo	Нидерланды	1,9	51	36,2	87
Сахаристые						
1809	Poly Past	Польша	1,3	45	43,8	105

Односемянные образцы типично кормовой свеклы имели средний балл поражения 1 (1,0-1,1), степень развития болезни 19,5% (12-27), распространенность болезни 35% (33-37); у стандарта Эккендорфская желтая 0,8 (11 и 17% соответственно). У односемянных полусахарных образцов средний балл поражения 0,95 (0,4-1,5), степень развития болезни 23,5% (10-37),

распространенность болезни 35,5 (21-50), у стандарта Сахарная округлая 0143 – 0,9; 24% и 32% соответственно: у сахаристого односемянного образца Frisomono средний балл поражения 2,1, степень развития болезни 47%, распространенность болезни 67% (табл. 4).

Таблица 4 - Результаты оценки односемянных образцов кормовой свеклы на устойчивость к корнееду, 2014-2016 гг.

№ по временному каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Число учетных растений в пробе	Число пораженных	Средний балл поражений	Степень развития болезни %	Распространенность болезни %
Типично кормовые							
1385	Эккендорфская желтая (стандарт)	Россия	59	10	0,8	11	17
1831	Monored	Нидерланды	64	24	1,1	12	37
1817	Monnovigor	Франция	34	12	1,0	27	35
1809	Trigonal	Нидерланды	66	22	1,0	25	33
Полусахарные							
0143	Сахарная округлая (стандарт)	Россия	68	22	0,9	24	32
1805	Monovert	Нидерланды	62	25	1,2	32	40
1816	Monoblanc	Нидерланды	64	19	0,8	21	29
2096	Monorosa	ФРГ	53	11	0,4	10	21
1834	Gloriant	Нидерланды	48	24	1,5	37	50
Сахаристые							
2193	Friso mono	Нидерланды	34	23	2,1	47	67

Проведенные наблюдения показали, что степень поражения корнеедом растений многосемянной и односемянной кормовой свеклы находится практически на одном уровне.

При полевом изучении 26 образцов столовой свеклы у образцов с плоской формой корнеплода средний балл поражения равнялся 0,80 (0,2-1,4), степень развития болезни – 22% (5-39), распространенность болезни – 30% (12-48). У образцов с округлой и округло-плоской формой корнеплода средний балл поражения – 0,5 (0,1-0,9), степень развития болезни – 14,5% (2-27), распространенность болезни – 21% (6-36). У образцов с удлиненной формой корнеплода средний балл поражения был 0,4 (0,2-0,6), степень развития болезни – 13,5% (5-22), распространенность болезни – 23,5 (14-33) (табл. 5).

Таблица 5 - Степень поражаемости образцов столовой свеклы корнеедом, 2014-2016 гг.

Образцы	Число изученных образцов	Средний балл поражения	Степень развития болезни, %	Распространенность болезни, %
С плоской формой корнеплода				
Среднее	7	0,80	22,0	30
Минимум		0,2	5,0	12
Максимум		1,4	39	48
С округлой и округло-плоской формой корнеплода				
Среднее	16	0,5	14,5	21
Минимум		0,1	2	6
Максимум		0,9	27	36
С удлиненной формой корнеплода				
Среднее	3	0,4	13,5	23,5
Минимум		0,2	5,0	14
Максимум		0,6	22,0	33

Изученные образцы столовой свеклы в полевых условиях были сравнительно устойчивыми к корнееду, кроме Evago, который имел средний балл поражения 1.4. Как правило, образцы, которые меньше поражались корнеедом, имели и более высокую урожайность: EarlyWonder – 62, 5 кг/10м², Alvro – 58,9, Холодостойкая 19 – 70,2; Cilindra – 68,2, у стандарта Бордо237 – 58,0 кг/м². Эта закономерность прослеживалась у образцов с разной формой корнеплода.

Односемянные образцы столовой свеклы в наших опытах имели сравнительно невысокий уровень поражения растений корнеедом (табл. 6).

Таблица 6 - Результаты оценки односемянных образцов столовой свеклы на устойчивость к корнееду, 2014-2016 гг.

№ по временному каталогу ВИР	Образец	Происхождение	Число учетных растений в пробе	Число пораженных	Средний балл поражений	Степень развития болезни %	Распространенность болезни %
К-201	Бордо 237 (стандарт)	Россия	44	11,3	0,9	19	25
2264	Поликроссный гибрид	Россия	27	9,0	0,9	23	32
1602	Red Cross	США	48	12,0	0,7	17	25
1515	Banko	Швеция	46	8,0	0,5	10	17
1273	Boltrady	Нидерланды	26	4,0	0,4	8	15
1575	Хавская односемянная	Россия	28	5,5	0,3	9	20
1516	Adoptiv	Швеция	54	6,0	0,3	5	11
2094	Сквирская односемянная	Россия	40	4,0	0,1	3	10

Средний балл поражения по изученным образцам составил 0,5 (0,1-0,9), степень развития болезни – 13% (3-23) и распространенность болезни – 21% (10-32). Менее поражаемыми были образцы Adoptiv (Швеция) и отечественный – Сквирская односемянная.

Сравнительный анализ показывает, что многосемянные и односемянные образцы столовой свеклы в наших опытах имели практически одинаковую степень поражения корнеедом. Степень устойчивости проростков свеклы к корнееду в значительной мере определяется уровнем их жизнеспособности, стойкостью к вредоносной микрофлоре и обусловлена генотипическими особенностями сорта. В качестве исходного материала для селекции на этот признак представляют интерес образцы типично кормовой свеклы Aumoga, полусахарной Favorite, Tetrose и столовой Хавская односемянная.

Анализ свеклы столовой на пораженность вирусами показал, что среди анализируемых 30 коллекционных образцов свеклы столовой выделено 13,3% образцов с признаками проявления мозаики. Без признаков поражения вирусами выделено 86,7%-93,3% образцов.

В результате иммуноферментного анализа 30 коллекционных образцов свеклы столовой в растениях не обнаружена скрытая вирусная инфекция вируса некротического пожелтения жилок свеклы, вируса мозаики листьев люцерны, желтого западного вируса свеклы.

Среди анализируемых 102 образцов свеклы столовой 100% образцов не имели скрытую инфекцию вируса некротического пожелтения жилок свеклы (*Beet Necrotic Yellow Vein Virus* – ризомания), вируса мозаики листьев люцерны (*Alfalfa Mosaic Virus*) и желтого западного вируса свеклы (*Beet Western Yellows Virus*).

Выводы. 1. Степень поражения корнеедом у многосемянной и односемянной свеклы в наших исследованиях была практически одинаковой. Устойчивыми к корнееду были урожайные образцы кормовой свеклы Aumoga (Франция), Monorosa (Германия) и Favorite (Нидерланды). Из образцов столовой свеклы устойчивым к корнееду были Adoptiv (Швеция) и Сквирская односемянная (Россия).

2. В результате иммуноферментного анализа 30 коллекционных образцов свеклы столовой в растениях не обнаружена скрытая вирусная инфекция вируса некротического пожелтения жилок свеклы, вируса мозаики листьев люцерны, желтого западного вируса свеклы.

3. Анализ образцов свеклы на пораженность вирусами показал, что среди анализируемых 30 коллекционных образцов свеклы столовой выделено 13,3% образцов с признаками проявления мозаики. Без признаков поражения вирусами выделено 86,7%-93,3% образцов.

Библиография

1. Налобова В.Л., Бохан А.И. Поиск источников устойчивости овощных культур к болезням // Защита и карантин растений. 2021. № 2. С. 46-47.
2. Коцарева Н.В., Быков И.А. Научные основы производства овощей в Белгородской области // Бюллетень научных работ Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина. Белгород, 2009. №17. С. 9-12.
3. Юдаева В.Е., Бохан А.И., Мотылева С.М. Генетические ресурсы корнеплодных овощных культур в условиях Центрального региона России // Овощи России. 2017. № 4 (37). С. 32-37.
4. Леунов В.И. Столовые корнеплоды в России. М. : ТНИ КМК, 2011. 271 с.
5. Осипова Г.С., Улимбашев А.М. Влияние условий выращивания семян на урожайность и качество продукции столовой свеклы сорта Валента // Пути повышения урожайности овощных и плодово-ягодных культур: сборник научных трудов. Санкт-Петербург, 2004. С. 35-39.
6. Бохан А.И., Юдаева В.Е. Результаты изучения генофонда свеклы столовой в условиях Центрального региона России // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 42-44.
7. Буренин В.И., Пискунова Т.М., Хмелинская Т.В. Генофонд для селекции моркови и свеклы столовой // Овощи России. 2017. № 4. С. 28-32.
8. Федорова М.И., Степанов В.А. Корнеплодные овощные растения, направления селекции, результаты // Овощи России. 2017. № 4. С. 16-22.
9. Полтарыкин Л.А. Посевные качества и полевая всхожесть семян. // Сахарная свекла. 1981. №1. С. 29-30.
10. Буренин В.И., Кузьмина О.А. Сравнительное изучение коллекции столовых и кормовых корнеплодов на Майкопской станции ВИР. // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. Л., 1980. Т. 66. В. 2. С. 91-98.
11. Пожар З.А., Тищенко Е.И., Пшеничук Р.Ф. Ограничить пораженность всходов свеклы корнеедом. // Сахарная свекла. 1979. № 5. С. 26-27.
12. Дерюгин В.А., Донец О.В. Отбор по устойчивости к корнееду // Сахарная свекла. 2001. № 12. С. 9-11.
13. Хованская К.Н. Новый протравитель семян сахарной свеклы. // Сахарная свекла. 1977. № 10. С. 36-38.
14. Шевченко В.Н. Биология и селекция сахарной свеклы. М., 1968. С. 186-205.
15. Власова Ю.И., Власова Э.А. Защита овощных культур от болезней. Л., 1976. 104 с.
16. Бохан А.И. Селекция и семеноводство корнеплодных овощных культур: монография. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2019. 200 с.
17. Власова Э.А. Методические основы изучения устойчивости кормовых корнеплодов к болезням. // Бюл. ВИР. Л., 1983. В. 130. С. 34-37.
18. Дерюгин В.А., Донец О.В. Отбор по устойчивости к корнееду // Сахарная свекла. 2001. № 12. С. 9-11.
19. Бохан А.И., Налобова В.Л., Опимах В.И., Войтехович И.М., Налобова Ю.М. Анализ образцов моркови и свеклы столовой на наличие вирусной инфекции // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. 43. С. 226-228.
20. Методы селекции и семеноводства овощных корнеплодных растений: морковь, свёкла, редис, редька, дайкон, репа, брюква, пастернак / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции и семеноводства овощ, культур ; под ред. В.Ф. Пивоварова, М.С. Бунина. М.: Колос, 2003. 284 с.
21. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М. : ГНУ ВНИИО, 2011. 648 с.

References

1. Nalobova V.L., Bohan A.I. Search for sources of resistance of vegetable crops to diseases // Protection and quarantine of plants. 2021. No. 2. pp. 46-47.
2. Kotsareva N.V., Bykov I.A. Scientific bases of vegetable production in the Belgorod region // Bulletin of scientific works of the Belgorod State Agricultural Academy named after V.Ya. Gorin. Belgorod, 2009. No. 17. pp. 9-12.
3. Yudaeva V.E., Bokhan A.I., Motyleva S.M. Genetic resources of root vegetable crops in the conditions of the Central region of Russia // Vegetables of Russia. 2017. No. 4 (37). pp. 32-37.
4. Leunov V.I. Table root crops in Russia. Moscow: TNI KMK, 2011. 271 p.
5. Osipova G.S., Ulimbashhev A.M. The influence of seed growing conditions on the yield and quality of table beet products of the Valenta variety // Ways to increase the yield of vegetable and fruit and berry crops: a collection of scientific papers. St. Petersburg, 2004. pp. 35-39.
6. Bohan A.I., Yudaeva V.E. Results of studying the gene pool of table beet in the conditions of the Central region of Russia // Fruit and berry growing in Russia. 2016. Vol. XXXXVI. pp. 42-44.

7. Burenin V.I., Piskunova T.M., Khmelinskaya T.V. Gene pool for carrot and beet breeding in the dining room // *Vegetables of Russia*. 2017. No. 4. pp. 28-32.
8. Fedorova M.I., Stepanov V.A. Root vegetable plants, directions of breeding, results // *Vegetables of Russia*. 2017. No. 4. pp. 16-22.
9. Poltarykin L.A. Sowing qualities and field germination of seeds. // *Sugar beet*. 1981. No. 1. pp. 29-30.
10. Burenin V. I., Kuzmina O.A. Comparative study of the collection of table and fodder root crops at the Mai-kop station VIR. // *Tr. by app. bot., gen. and village. L.*, 1980. Vol. 66. V. 2. pp. 91-98.
11. Pozhar Z.A., Tishchenko E.I., Pshenichuk R.F. Limit the infestation of beet seedlings by root beet. // *Sugar beet*. 1979. No.5. pp. 26-27.
12. Deryugin V.A., Donets O.V. Selection for resistance to root-eating // *Sugar beet*. 2001. No. 12. pp. 9-11.
13. Khovanskaya K.N. A new sugar beet seed protectant. // *Sugar beet*. 1977. No. 10. pp. 36-38.
14. Shevchenko V.N. Biology and selection of sugar beet. M., 1968. pp. 186-205.
15. Vlasova Yu.I., Vlasova E.A. Protection of vegetable crops from diseases. L., 1976. 104 p.
16. Bohan A.I. Breeding and seed production of root vegetable crops: monograph. M.: FSBI VSTISP, 2019. 200 p.
17. Vlasova E.A. Methodological foundations for studying the resistance of fodder root crops to diseases. // *Byul. VIR. L.*, 1983. V. 130. pp. 34-37.
18. Deryugin V.A., Donets O.V. Selection for resistance to root beet. // *Sugar beet*. 2001. No. 12. pp. 9-11.
19. Bohan A.I., Nalobova V.L., Opimakh V.I., Voitekhovich I.M., Nalobova Yu.M. Analysis of carrot and beet samples for the presence of viral infection // *Fruit and berry growing in Russia*. 2015. Vol. 43. pp. 226-228.
20. Methods of breeding and seed production of vegetable root crops: carrot, beetroot, radish, radish, daikon, turnip, rutabaga, parsnip / *All-Russian scientific research. institute of breeding and seed production of vegetables, crops*; edited by V.F. Pivovarov, M.S. Bunin. M. : Kolos, 2003. 284 p.
21. Litvinov S.S. Methodology of field experience in vegetable growing. M.: GNU VNIPO, 2011. 648 p.

Сведения об авторах

Бохан Александр Иванович, доцент кафедры растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, доктор сельскохозяйственных наук, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, контактный телефон 8-916-194-58-28

Юдаева Валентина Егоровна, заведующий лабораторией овощных культур и картофеля ФГБНУ ФНЦ Садоводства, кандидат сельскохозяйственных культур, ул. Загорьевская, д. 4, г. Москва, Россия, 115598, контактный телефон 8-967-063-44-07

Налобова Вера Леонидовна, заведующий лабораторией иммунитета РУП «Институт овощеводства», доктор сельскохозяйственных наук, ул. Ковалева, д. 2, агрогородок Самохваловичи, Беларусь, 223013, контактный телефон 8-916-194-58-28

Коцарева Надежда Викторовна, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, доктор сельскохозяйственных наук, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, контактный телефон 8-906-602-67-13

Information about authors

Bokhan Alexander Ivanovich, Associate Professor of the Department of plant growing, breeding and vegetable growing, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Doctor of Agricultural Sciences, Vavilova str., 1, Maysky, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8-916-194-58-28; e-mail: alexboxan1980@mail.ru

Yudaeva Valentina Egorovna, Head of the Laboratory of vegetable crops and potatoes of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (FHRCBAN), Candidate of Agricultural Sciences, Zagorevskaya str., 4, Moscow, Russia, 115598, tel. 8-967-063-44-07

Nalobova Vera Leonidovna, Head of the immunity Laboratory of Institute of Vegetable Growing, Doctor of Agricultural Sciences, Kovaleva str., 2, Samokhvalovichi agro-town, Belarus, 223013, tel. 8-916-194-58-28

Nadezhda Viktorovna Kotsareva, Professor of the Department of plant growing, breeding and vegetable growing, V.Ya. Gorin Belgorod State Agrarian University, Doctor of Agricultural Sciences, 1 Vavilova str., Maysky, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. 8-906-602-67-13

УДК 631.95:628.516:615.849

А.И. Дутов, Л.А. Пузанова

ФОРМИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА К РАДИОНУКЛИДНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ АГРОЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС)

Аннотация. В статье проанализированы и обобщены экспериментальные данные многолетних исследований по формированию устойчивости сельскохозяйственного производства к загрязнению агроэкосистем радионуклидами на примере аварии на Чернобыльской АЭС. Показано, что радиационные аварии и катастрофы имеют, в первую очередь, сельскохозяйственные аспекты. Это обусловлено тем, что после локализации ядерных аварий и катастроф, выброшенные радионуклиды аккумулируются в почве, которая со временем становится основным источником их дальнейшей длительной миграции по трофическим цепям. Таким образом, производство и потребление сельскохозяйственной продукции на загрязненной радионуклидами территории напрямую формирует эффективную эквивалентную дозу облучения населения, а полное снятие ограничений с организации ведения сельскохозяйственного производства, по сути, является основным показателем полной реабилитации ранее загрязненной территории. В статье научно обосновано и практически подтверждено, что в промежуточную фазу развития радиационной ситуации, наиболее эффективным противорадиационным мероприятием, определяющим устойчивость сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению агроэкосистем, является глубокая обработка почвы с перемещением верхнего наиболее загрязненного пласта за пределы основного корнеобитаемого слоя (0-20 см). Это агротехническое мероприятие способствует как снижению экспозиционной дозы внешнего гамма-облучения населения, так и снижает интенсивность миграции радионуклидов в системе почва – растения. Следует отметить, что эффективность этого агротехнического мероприятия со временем значительно снижается. С наступлением отдаленного периода развития радиационной ситуации, наряду с применением комплекса агромелиоративных мероприятий, наиболее эффективным направлением формирования устойчивости сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению агроэкосистем является введение в севообороты сельскохозяйственных культур, которые отличаются потенциально невысокой способностью аккумулировать ¹³⁷Cs. Это позволяет получать гарантированно нормативно безопасную в радиационном отношении сельскохозяйственную продукцию на всех уровнях загрязнения почвы территории на которой не запрещена хозяйственная деятельность по радиационным показателям в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами.

Ключевые слова: Чернобыльская катастрофа, агропромышленное производство, сельскохозяйственная продукция, агротехнические мероприятия, радиационная ситуация, доза облучения населения, трофические цепи, зоны радионуклидного загрязнения, интенсивность миграции радионуклидов, удельная активность продукции, ¹³⁷Cs, плотность загрязнения почвы, контрмеры.

FORMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION RESISTANCE TO RADIONUCLIDES CONTAMINATION OF AGROECOSYSTEMS (BY THE EXAMPLE OF THE CHERNOBYL NPP ACCIDENT)

Abstract. The article analyzes and summarizes the experimental data of long-term research on the formation of agricultural production resistance to contamination of agroecosystems with radionuclides by the example of the Chernobyl accident. It is shown that radiation accidents and catastrophes have, first of all, agricultural aspects. This is due to the fact that after the localization of nuclear accidents and disasters, the emitted radionuclides accumulate in the soil, which eventually becomes the main source of their further long-term migration along trophic chains. Thus, the production and consumption of agricultural products in the territory contaminated with radionuclides directly forms the effective equivalent dose of irradiation to the population, and the complete removal of restrictions on the organization of agricultural production, in fact, is the main indicator of the total rehabilitation of a previously contaminated territory. The article scientifically substantiates and practically demonstrates that in the intermediate phase of the radiation situation development, the most effective anti-radiation measure that determines the resistance of agricultural production to radionuclides contamination of agroecosystems is deep tillage with the movement of the upper most contaminated soil layer outside the main root layer of soil (0- 20 cm). This agrotechnical measure contributes so decreasing the exposure external gamma irradiation dose of population, as reducing the intensity of radionuclides migration in the soil - plant system. It should be noted that the effectiveness of this agrotechnical measure decreases significantly over time.

In the remote period of the radiation situation development, along with the using of the complex of agromeliorative measures, the most effective way to form the resistance of agricultural production to radionuclides contamination of agroecosystems is the introduction of crop rotation with agricultural plants, which have a potentially low capacity to accumulate ¹³⁷Cs.

This allows to produce the guaranteed normatively safe agricultural products at all levels of soil contamination of the territory in which economic activity is not prohibited by radiation indicators in accordance with applicable regulations.

Keywords: Chernobyl catastrophe, agroecosystems, agro-industrial production, agricultural products, agrotechnical measures, radiation situation, radiation dose of the population, trophic chains, zones of radionuclides pollution, intensity of radionuclides migration, specific activity of products, ^{137}Cs , contamination density of the soil.

Введение. Исполнилось 35 лет величайшей техногенной катастрофы в истории человечества. Уже предварительные экспертные оценки показали ее масштабность и беспрецедентность. В окружающую среду было выброшено не менее 45 различных радионуклидов суммарной активностью более $1,3 \cdot 10^{19}$ Бк [1, 2, 3, 4]. Существенное повышение радиационного фона было зарегистрировано практически во всех странах северного полушария планеты. Значительные выпадения радионуклидов (плотность радиоактивного загрязнения 37 кБк/ м^2 и выше) были зафиксированы на площади около 200 тысяч км^2 [5, 6, 7]. По состоянию на 1986 год, на этой территории проживало более 18 млн. человек [8]. При этом наибольшему радионуклидному загрязнению подверглись Российская Федерация, Украина и Республика Беларусь. Площадь территории с аналогичной плотностью загрязнения здесь превышала 145 тыс. км^2 . Только из 30-км зоны вокруг ЧАЭС было эвакуировано 76 населенных пунктов. Без специального разрешения там и сегодня запрещена любая деятельность по производству товарной сельскохозяйственной продукции. Кроме этого, в различных зонах радиоактивного загрязнения оказались еще около пяти тысяч населенных пунктов с населением более пяти миллионов человек [9,10,11,12]. Учитывая, что радиоактивное загрязнение агроэкосистем, в первую очередь негативно отразилось на агропромышленном производстве, которое являлось основным источником доходов и основной сферой занятости сельского населения загрязненной территории, а также то, что дозы его облучения оказались значительно выше, чем городского, мировым сообществом Чернобыльская катастрофа определена как «коммунальная сельская авария» [13].

Сегодня, через 35 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная ситуация значительно улучшилась, в том числе и на отселенной территории. Произошло это за счет физических процессов (многие радионуклиды имели короткие периоды полураспада). Имело место и, так называемое «старение радионуклидов» – их необменная фиксация почвенно-поглощающим комплексом [14, 15, 16]. Но в своей статье мы предполагаем, обобщая и экстраполируя результаты многолетних исследований, проведенных в натуральных условиях территории, загрязненной в результате аварии на ЧАЭС, акцентировать внимание на основных аспектах формирования устойчивости сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению агроэкосистем, на наиболее эффективных организационно-агротехнических факторах, направленных на возможность гарантированного получения нормативно безопасной в радиационном отношении сельскохозяйственной товарной продукции, в условиях плотности радионуклидного загрязнения ^{137}Cs почвы, характерного даже для Чернобыльской зоны отселения.

Материалы и методы исследования. Исследования по формированию устойчивости сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению агроэкосистем проводили в натуральных условиях северо-западных районах Полесья, наиболее пострадавших от аварии на ЧАЭС. Удельную активность ^{137}Cs , как основного дозообразующего радионуклида, определяли спектрометрическим методом на гамма-спектрометрическом оборудовании с полупроводниковым детектором GEM-30185, Ge (Li), GMX серии «EG & G ORTEC») с многоканальным анализатором ADCAM – 300. Для оценки интенсивности миграции ^{137}Cs использовали коэффициент его перехода (КП) из почвы в растения – содержание радионуклида в растении к плотности загрязнения почвы, равной единице (Бк/кг воздушно-сухой массы растений) / (кБк/ м^2 почвы).

Отбор образцов почвы и растений, их подготовку к анализу осуществляли по общепринятым методикам с учетом специфики научно-исследовательских работ в области сельскохозяйственной радиологии [17].

Результаты и обсуждение. Для разработки агротехнических мероприятий по устойчивости сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению агроэкосистем, установления их приоритетности, необходимо рассмотреть особенности формирования дозы облучения сельского населения от различных источников ионизирующего излучения. Данные, приведенные на рисунке 1 показывают, что в поздний период развития радиационной ситуации после ядерных аварий и катастроф суммарная доза облучения населения формируется, в основном, за счет внутреннего облучения ^{137}Cs , поступающего в организм с продуктами питания, в первую очередь – с сельскохозяйственной продукцией, производимой на радиоактивно загрязненной территории.

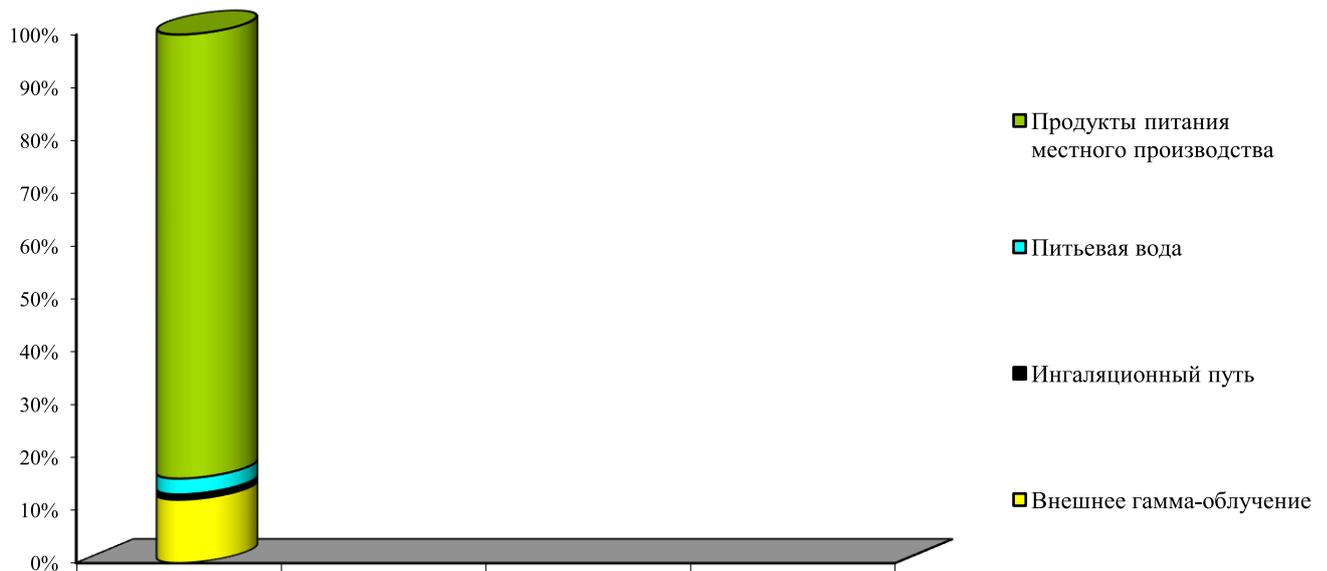


Рис. 1 – Структура формирования дозы облучения населения в северо-западных районах Полесья, загрязненного в результате Чернобыльской катастрофы

В условиях критических в радиационном отношении почв северо-западного Полесья, ее вклад в структуру общей дозы облучения населения находится в пределах 80-90%, а в отдельных случаях достигает 95%.

Следующим, по вкладу в формирование структуры общей дозы облучения населения, является внешнее облучение. В поздний период развития радиационной ситуации его вклад в структуру общей дозы может колебаться от 5% – на загрязненных радионуклидами землях, не выведенных из обработки по радиологическим показаниям (зона проживания с правом на отселение и земли зоны проживания с льготным социально-экономическим статусом). На необрабатываемых после радионуклидного загрязнения почвах зоны отчуждения – территории, с которой была проведена эвакуация населения сразу после аварии на ЧАЭС и зоны отселения – территория за пределами зоны отчуждения, с которой по радиологическим показателям было проведено отселение в более поздний период, вклад внешнего гамма-облучения и сегодня может достигать 20%. На этих территориях и сегодня запрещена любая производственная сельскохозяйственная деятельность.

Поступление радиоцезия в организм с питьевой водой является относительно невысоким и в отдаленный период развития радиационной ситуации не превышает 2%. Однако следует отметить, что потенциально такой путь поступления ^{137}Cs в организм может представлять опасность в связи с горизонтальной миграцией радионуклида в период обильных дождей или паводков.

Невысокий вклад в суммарную дозу облучения населения характерен и для ингаляционного пути поступления радионуклида. По результатам наших исследований, в отдаленный период развития радиационной ситуации он не превышал 1%.

Таким образом, в отдаленный период развития радиационной ситуации, производство и потребление сельскохозяйственной продукции на загрязненной радионуклидами территории напрямую формирует эффективную эквивалентную дозу облучения населения, а полное снятие ограничений с организации ведения сельскохозяйственного производства, по сути, является основным показателем полной реабилитации ранее загрязненной территории.

В то же время, результаты наших исследований, приведенных в таблице 1, показывают, что в промежуточную фазу развития радиационной ситуации, наряду с применением комплекса агромероприятий, наиболее эффективной является глубокая обработка почвы с перемещением верхнего наиболее загрязненного пласта за пределы основного корнеобитаемого слоя (0-20 см).

Таблица 1 – Радиологическая эффективность мероприятий, направленных на снижение интенсивности миграции в системе почва – растения в различные периоды развития радиационной ситуации

Агротехническое мероприятие	Кратность снижения интенсивности миграции ¹³⁷ Cs, разы	
	Минеральные почвы	Органогенные почвы
Известкование, 4-6 т/га	1.5 – 3.0	1.5 – 2.0
НПК (соотношение 1:1,5:2)	1.5 – 2.0	1.5 – 3.0
Навоз 20 т/га	1.5 – 3	-
Известкование, 4-6 т/га + НПК (соотношение 1:1,5:2)	1.8 – 2.7	2.5 – 4.0
НПК (соотношение 1:1,5:2) + Навоз 20 т/га	1.5 – 3.0	-
Известкование, 4-6 т/га + Навоз 20 т/га + НПК (соотношение 1:1,5:2)	2.5 – 4.0	
Вспашка: Промежуточный период	2.5 – 3.0	3.0 – 4.0
Последующие годы (до 5 лет)	1.5 – 1.8	1.5 – 2.2
Глубокая вспашка с оборотом (захоронением) верхнего пласта на глубину 25-30 см. Промежуточный период	8 – 12	10 – 16
Коренное улучшение пастбищ:		
Промежуточный период	3 – 9	4 – 15
Последующие годы	1.8 – 2.5	2 – 3
Поверхностное улучшение пастбищ:		
Первый год после аварии	2-3	2-14
Последующие годы	1.5 – 1.8	1.5 – 2.5

Это агротехническое мероприятие способствует уменьшению как экспозиционной дозы внешнего гамма-облучения, так и интенсивности миграции радионуклидов в системе почва – растения в 10-16 раз. Следует отметить, что эффективность этого агротехнического мероприятия, как и противорадиационная эффективность ряда других противорадиационных мероприятий, со временем снижается. Так обычная вспашка в первый год после катастрофы обеспечила снижение интенсивности миграции ¹³⁷Cs в условиях минеральных почв Полесья – до 3, а на органогенных – до 4 раз., коренное улучшение лугов и пастбищ – в 9 и 16 раз, соответственно. Эффективность этих мероприятий в последующие годы значительно снизилась и в отдаленный период развития радиационной ситуации не превышала трех раз. В это время наиболее радиологически и экономически эффективными с точки зрения формирования устойчивости сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению агроэкосистем, показали себя мероприятия, направленные на введение в севообороты сельскохозяйственных культур, которые отличаются потенциально невысокой способностью аккумуляции ¹³⁷Cs в товарной части продукции (рис.2).

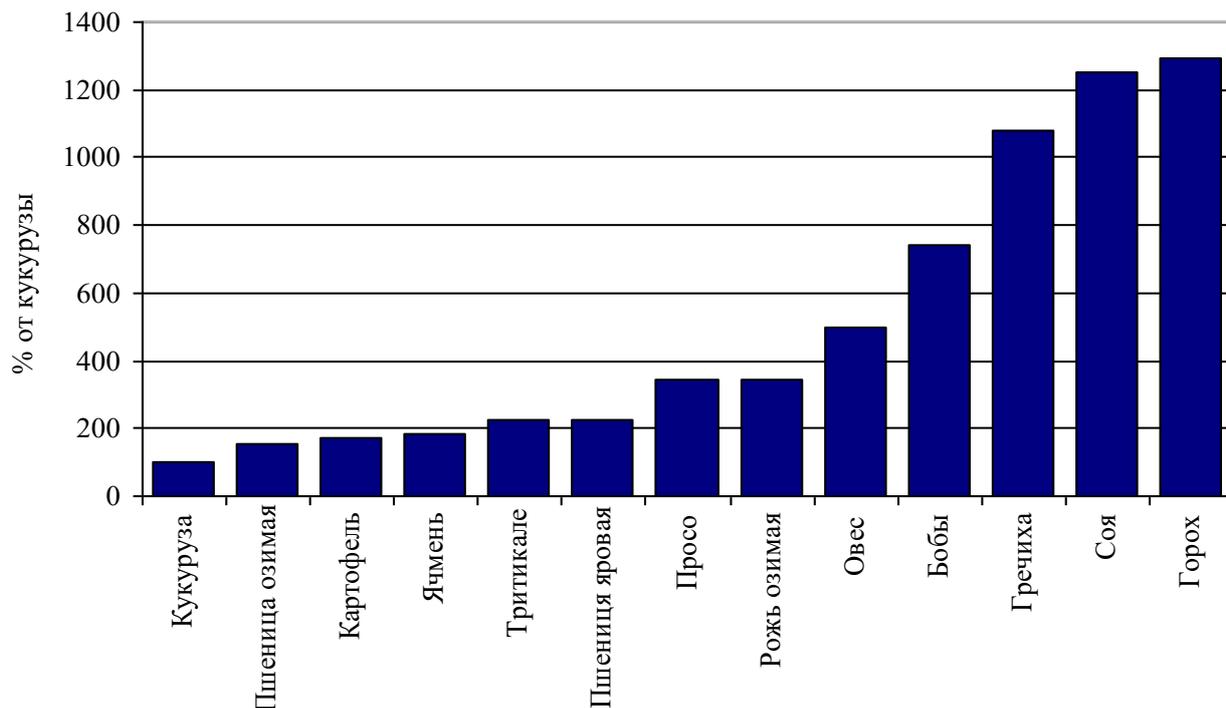


Рис. 2 – Относительное накопление ^{137}Cs полевыми культурами, % от кукурузы

Так многолетние данные наших исследований показывают, что полевые сельскохозяйственные культуры, можно разделить на три условные группы. К первой можно отнести растения с минимальной потенциальной способностью к накоплению радионуклидов. Ее возглавляет кукуруза. При соответствующей агротехнике ее возделывания, безопасное в радиационном отношении зерно этой культуры можно гарантированно получать во всех зонах радиоактивного загрязнения после Чернобыльской катастрофы, на которых разрешено ведение агропромышленного производства, в соответствии с действующим законодательством. В эту же группу зерновых культур можно отнести озимую и яровую пшеницу, ячмень, тритикале и картофель. Содержания радиоактивного цезия в товарной части (зерно и клубни картофеля) этих культур будет в 1,5-2,3 раза выше, чем в зерне кукурузы.

Более высоким потенциальным накоплением ^{137}Cs отличается просо, рожь озимая и овес. А максимальное накопление радиоактивного радионуклида характерно для зерновых бобовых культур и гречихи. В пределах этой группы содержание радионуклида в зерне бобов было минимальным (в 7,4 раза выше, чем у кукурузы), а в зерне гороха – максимальным, превышая зерно кукурузы почти в 13 раз.

Таким образом, для получения гарантированно нормативно безопасного в радиационном отношении зерна кукурузы, например, можно использовать площади сельскохозяйственных угодий плотность загрязнения радиоцезием которых в 13 раз выше аналогичных показателей для выращивания зерна гороха на продовольственные цели. И наоборот, для выращивания бобовых, следует отводить поля с минимальной плотностью загрязнения радиоактивным цезием.

Заключение. Обобщая изложенное, следует отметить, что после радиационно-ядерных аварий и катастроф, производство и потребление сельскохозяйственной продукции на территориях, загрязненных радионуклидами, является основным источником облучения населения, а полное снятие ограничений с организации ведения сельскохозяйственного производства, является обязательным условием полной реабилитации ранее загрязненной территории.

Наиболее эффективным противорадиационным мероприятием в формировании устойчивости сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению в про-

межуточную фазу развития радиационной ситуации являются различные способы обработки почвы. Со временем их эффективность снижается. С наступлением отдаленного периода развития радиационной ситуации, наряду с применением комплекса агроландшафтных мероприятий, наиболее эффективным направлением формирования устойчивости сельскохозяйственного производства к радионуклидному загрязнению агроэкосистем является введение в севообороты сельскохозяйственных культур, которые отличаются потенциально невысокой способностью аккумулировать ^{137}Cs . Это позволяет получать гарантированно нормативно безопасную в радиационном отношении сельскохозяйственную продукцию на всех уровнях загрязнения почвы территории на которой не запрещена хозяйственная деятельность по радиационным показателям в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами.

Библиография

1. Абагян А.А. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ / А.А. Абагян // Атомная энергия. – 1986. – Т. 61, вып. 5. – С. 301–320.
2. USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy «The Accident at the Chernobyl NPP and its Consequences». – Post Accident Review Meeting. – Vienna, 25-29 August 1986. – P. 8-25.
3. Buzulukov, Yu. and Dobrynin, Yu. “Release of radionuclides during the Chernobyl accident.” The Chernobyl papers. Ed. Merwin, S. and Baolonov, M. Reseach Enterprises, Richland WA, Vol. 1, 1993.– P. 3-21.
4. Сивинцев Ю.В. Оценка радиоактивного выброса при аварии 1986 г. на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС / Ю.В. Сивинцев, А.А. Хрулев // Атомная энергия. – 1995. – Т.78. – Вып.6. – С. 403-417.
5. Израэль Ю.А. Моделирование радиоактивных выпадений в ближней зоне от аварии на ЧАЭС / Ю.А. Израэль, В. Н. Петров, Д.А. Северов // Метеорология и гидрология. – 1987. – № 7. – С. 8-17.
6. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии / EUR 16733, CG-NA-16-733-29. – С. : Luxemburg, 1998. – 66 с.
7. Chernobyl fallout in sizefractionated aerosol / D.T. Jost, H.W. Gaggeler, U. Baktens-perger[et al.] // Nature, 2007. – 324. – P. 22-23.
8. Малышев В.П. Уроки преодоления последствий Чернобыльской катастрофы: 25 лет спустя // Проблемы анализа риска. – 2011. – Т. 8, № 2. – С. 14-25.
9. Бюлетень радіаційного стану критичних населених пунктів на забруднених радіонуклідами територіях України. Узагальнені дані за 2004-2008 рр. (Збірка 11) / [В.О. Кашпаров, С.М. Лундин, В.П. Кадигриб та ін.] – Київ.: Нічлава, 2009. – 106 с.
10. 11. Двадцать пять лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2011. Российский национальный доклад. – М., 2011. – 61 с.
11. Дутов А.И., Дутов Ю.И. Эколого-правовые аспекты возможного сельскохозяйственного использования территории, отселенной в результате Чернобыльской катастрофы // Теория и практика социально-правового, гуманитарного научного знания на службе современного Российского общества: к 25-летию Конституции РФ// Материалы регион. межвуз. науч-практ. конф. – Воронежский ГАУ им. Императора Петра I., 2019. – С. 36-39.
12. Дутов А.И., Пузанова Л.А. 35 лет Чернобыльской катастрофы. Перспективы возможного сельскохозяйственного использования отселенной территории // В книге: Роль науки в удвоении валового регионального продукта. Материалы XXV Международной научно-производственной конференции. Майский, 2021. С. 11-12.
13. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: Двадцатилетний опыт МАГАТЭ, Вена, МАГАТЭ. – 2008, STI/PUB 1239. – 199 с.
14. Булыгин С.Ю., Дутов А.И., Лисецкий Ф.Н. Чернобыльская зона отселения: радиационно-экологические аспекты перспективного сельскохозяйственного использования территории // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. – 2015. – № 9 (206), вып. 31. – С. 186-191.
15. Dutov A., Rodionov V., Belogurova N. Some Elements of Biologization in Crops Production on Radioactively Contaminated Areas // KnE Life Sciences / International Scientific and Practical Conference “AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture”. – Nov. 2019. – P. 570–577.
16. Dutov, A.I., Rodionov, V.Y., Puzanova, L.A. The specificity of production and processing of agricultural raw materials in the radioactively contaminated territory (by the example of Chernobyl Nuclear Power Plant accident) // 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 640(6),062020. DOI: 10.1088/1755-1315/640/6/062020
17. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології. – Київ, 1992. – 136 с.

References

1. Abagyan A.A. Information about the accident at the Chernobyl nuclear power plant and its consequences, prepared for the IAEA / A.A. Abagyan // Atomic energy. – 1986. – Т. 61, no. 5. – P. 301-320.
2. USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy "The Accident at the Chernobyl NPP and its Consequences". – Post Accident Review Meeting. Vienna, 25-29 August 1986. P. 8-25.

3. Buzulukov, Yu. and Dobrynin, Yu. "Release of radionuclides during the Chernobyl accident." The Chernobyl papers. Ed. Merwin, S. and Baolonov, M. Reseach Enterprises, Richland WA, Vol. 1, 1993. – P. 3-21.
4. Sivintsev Yu.V. Assessment of radioactive release during the 1986 accident at the 4th unit of the Chernobyl nuclear power plant / Yu.V. Sivintsev, A.A. Khrulev // Atomic Energy. – 1995. – Т. 78. – Issue 6. – S. 403-417.
5. Izrael Yu.A. Modeling of radioactive fallout in the near zone from the Chernobyl accident / Yu.A. Izrael, V.N. Petrov, D.A. Severov // Meteorology and Hydrology. – 1987. – No. 7. – S. 8-17.
6. Atlas of Europe's pollution with cesium after the Chernobyl accident / EUR 16733, CG-NA-16-733-29. – C.: Luxemburg, 1998. – 66 p.
7. Chernobyl fallout in sizefractionated aerosol / D.T. Jost, H.W. Gaggeler, U. Baktens-perger [et al.] // Nature, 2007. – 324. – P. 22-23.
8. Malyshev V.P. Lessons of overcoming the consequences of the Chernobyl disaster: 25 years later // Problems of risk analysis. – 2011. – Т. 8, No. 2. – P. 14-25.
9. Bulletin of the radioactive camp of critical populations on the territories of Ukraine surrounded by radioactive nuclides. Publications for 2004-2008 (Zbirka 11) / [V.O. Kashparov, S.M. Lundin, V.P. Kadigrib ta in.] – Kiev: Nichlava, 2009. – 106 p.
10. Twenty-five years of the Chernobyl accident. Results and prospects of overcoming its consequences in Russia 1986–2011. Russian national report. – M., 2011. – 61 p.
11. Dutov A.I., Dutov Yu.I. Ecological and legal aspects of the possible agricultural use of the territory, resettled as a result of the Chernobyl disaster // Theory and practice of social, legal, humanitarian scientific knowledge in the service of modern Russian society: to the 25th anniversary of the Constitution of the Russian Federation // Materials of the region. interuniversity. scientific-practical. conf. - Voronezh GAU them. Emperor Peter I., 2019. - pp. 36–39.
12. Dutov A.I., Puzanova L.A. 35 years of the Chernobyl disaster. Prospects for possible agricultural use of the resettled area // In the book: The role of science in doubling the gross regional product. Materials of the XXV International Scientific and Production Conference. Maisky, 2021, pp. 11-12.
13. Environmental consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant and their overcoming: Twenty years of experience IAEA, Vienna, IAEA. – 2008, STI / PUB 1239. – 199 p.
14. Bulygin S.Yu., Dutov A.I., Lisetskiy F.N. Chernobyl resettlement zone: radiation-ecological aspects of the future agricultural use of the territory // Scientific Bulletin of Belgorod State University. Natural Sciences. – 2015. – No. 9 (206), issue. 31.– P. 186-191.
15. Dutov A., Rodionov V., Belogurova N. Some Elements of Biologization in Crops Production on Radioactively Contaminated Areas // KnE Life Sciences / International Scientific and Practical Conference “AgroSMART - Smart Solutions for Agriculture”. – Nov. 2019. – P. 570-577.
16. Dutov, A.I., Rodionov, V.Y., Puzanova, L.A. The specificity of production and processing of agricultural raw materials in the radioactively contaminated territory (by the example of Chernobyl Nuclear Power Plant accident) // 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 640 (6), 062020. DOI: 10.1088 / 1755-1315 / 640/6/062020
17. A methodical guide to organizing scientific work in the field of science and technology before the past. – Kiev, 1992. – 136 p.

Сведения об авторах

Дутов Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, начальник отдела ДПО института переподготовки и повышения квалификации кадров агробизнеса ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.16, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +7 4722 39-22-34, e-mail: Dutov_AI@bsaa.edu.ru

Пузанова Лариса Анатольевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены и эпидемиологии НИУ БелГУ, ул. Победы 85, г. Белгород, Россия, 308015, тел. +7 4722 301300 e-mail: Puzanova_L@BSU.edu.ru

Information about authors

Dutov Alexander I., Dr. Sci. (Agriculture), professor, Head of the Department of Additional Professional Education, Institute of retraining and advanced training of agribusiness personnel, Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», Vavilova str., 16, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel.+74722 39-22-34, e-mail: Dutov_AI@bsaa.edu.ru

Puzanova Larisa Anatolievna, Dr. (Ph) (Medicine), Associate Professor, Cathedra of Hygiene and Epidemiology, National Research University BelSU, Pobedi str. 85, Belgorod, Russia, 308503, tel. +7 4722 301300 e-mail: Puzanova_L@BSU.edu.ru

УДК 632.122.1:546

В.И. Желтухина, Т.С. Морозова, С.И. Панин, А.А. Мелентьев, М.А. Куликова

ПОВЕДЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ АГРОЦЕНОЗОВ

Аннотация. С целью получения экологически безопасной продукции, сельскохозяйственное использование земельных ресурсов, особенно вблизи производственных предприятий, должно сопровождаться экологическим мониторингом на присутствие загрязняющих веществ. Тяжелые металлы, в особенности кадмий и свинец, широко используются в различных сферах хозяйственной деятельности, поэтому непрерывно поступают в окружающую среду. Агротехнические мероприятия, в частности внесение удобрений и пестицидов, увеличивают их содержание в гумусо-аккумулятивном слое почвы.

Результаты исследования отобранных образцов на содержание тяжелых металлов показали наличие особенностей в аккумуляции свинца и кадмия как в почве, так и в растениях. В травянистой растительности участков №1 и №3 уровень содержания кадмия был сопоставим по величине, для свинца это различие оказалось более существенным в пользу участка №3. Сравнительный анализ концентрации кадмия в полевой культуре соя не выявил существенных различий содержания этого металла по отношению к разнотравно-луговому сообществу растений. Кбп кадмия у сои более низкий по сравнению с данным показателем у многолетней растительности на производственных участках №1 и №3. Наиболее высокий показатель Кбп наблюдался на 3-м участке. Что показало, также, загрязнение почвенного покрова данного участка кадмием в большей степени.

Коэффициент биологического поглощения свинца менее отличался. По полученным данным можно отметить, что кадмий обладает более высокой интенсивностью поглощения растениями по сравнению со свинцом.

Таким образом, по результатам полученных исследований можно отметить, что на территорию, расположенную вблизи птицефабрики «Майская» наблюдается неоднородное технологическое воздействие данного предприятия. Наибольшую техногенную нагрузку испытывает на себе производственный участок №3, который технологически и функционально выполняет роль помехохранилища. Почвенно-биотические компоненты на этом участке наиболее загрязнены тяжелыми металлами, концентрация свинца и кадмия здесь достигала максимальных значений. При сравнении кумулятивных свойств кадмия и свинца отмечается более выраженная биофильность кадмия.

Ключевые слова: агробиоценоз, почва, растение, свинец, кадмий, миграция, аккумуляция

BEHAVIOR OF HEAVY METALS IN THE SOIL-BIOTIC COMPLEX OF AGROCENOSSES

Abstract. in order to obtain environmentally safe products, agricultural use of land resources, especially near industrial enterprises, should be accompanied by environmental monitoring for the presence of pollutants. Heavy metals, especially cadmium and lead, are widely used in various fields of economic activity, therefore they continuously enter the environment. Agrotechnical measures, in particular the introduction of fertilizers and pesticides, increase their content in the humus-accumulative layer of the soil.

The results of the study of the selected samples for the content of heavy metals showed the presence of features in the accumulation of lead and cadmium in both soil and plants. In the grassy vegetation of plots No. 1 and No. 3, the level of cadmium content was comparable in magnitude, for lead, this difference turned out to be more significant in favor of plot No. 3. Comparative analysis of cadmium concentration in soybean field culture did not reveal significant differences in the content of this metal in relation to the grass-meadow community of plants. The cadmium Cbp in soybeans is lower compared to this indicator in perennial vegetation at production sites No. 1 and No. 3. The highest rate of Cbp was observed at the 3rd site. Which also showed that the contamination of the soil cover of this site with cadmium to a greater extent.

The coefficient of biological absorption of lead was less different. According to the data obtained, it can be noted that cadmium has a higher absorption rate by plants compared to lead.

Thus, according to the results of the studies obtained, it can be noted that the territory located near the Mayskaya poultry farm has a heterogeneous technological impact of this enterprise. The greatest technogenic load is experienced by the production site No. 3, which technologically and functionally performs the role of a litter storage facility. Soil-biotic components in this area are most polluted with heavy metals, the concentration of lead and cadmium here reached maximum values. When comparing the cumulative properties of cadmium and lead, a more pronounced biophilicity of cadmium is noted.

Keywords: agrobiocenosis, soil, plant, lead, cadmium, migration, accumulation

Введение. В крупных сельскохозяйственных регионах страны актуальна проблема рационального использования земельных ресурсов и охраны окружающей природной среды. Вопросы экологического состояния пахотных почв беспокоят ученых экологов. Сельскохозяйственное их использование, с целью получения экологически безопасной продукции,

должно сопровождаться экологическим мониторингом на присутствие загрязняющих веществ [1, 3].

В последнее время, особое внимание многих ученых уделяется вопросам поступления и процессам миграции и аккумуляции тяжелых металлов в почвенно-биотическом комплексе [2, 6].

Тяжелые металлы широко используются в различных сферах хозяйственной деятельности, поэтому непрерывно поступают в окружающую среду. В отличие от других загрязнителей, тяжелые металлы имеют наибольшую токсичность и относятся к категории 1 и 2 классов опасности. Их невозможно полностью ликвидировать из окружающей среды путем химической и биологической трансформации так как тяжелые металлы устойчивы в природной среде и не деградируют. Гумусово-аккумулятивный почвенный горизонт накапливает в себе большую часть загрязняющих веществ, происходит связывание с алюмосиликатами, несиликатными материалами, органическими веществами за счет различных реакций взаимодействия [4, 7]. Водорастворимые и ионнообменные формы тяжелых металлов хорошо поглощаются растениями и мигрируют по пищевым звеньям, представляя наибольшую опасность для конечного потребителя продукции.

Основными антропогенными источниками поступления загрязняющих веществ в агробиоценозы являются агротехнические мероприятия, в частности внесение удобрений и пестицидов [5].

Комплексная оценка аккумуляции и миграции тяжелых металлов в системе «почва-растение» дает возможность научного осмысления процессов, протекающих в экосистеме для решения проблемы, связанной с экологической безопасностью в агроценозе, и в дальнейшем с получением экологически безопасной продукции.

Цель исследований – количественная оценка содержания свинца и кадмия в образцах почвы и растений и изучение их биофильности в почвенно-биотическом комплексе.

В задачи исследований входило: изучение закономерностей распределения тяжелых металлов в почве на территории, прилегающей к птицефабрике, экологическая оценка содержания свинца и кадмия в исследуемых образцах почвы, определение размеров аккумуляции ТМ в растительном покрове, расчет коэффициентов биологического поглощения тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами и разнотравьем.

Условия, материалы и методы. Полевые исследования проводились в период вегетации на территории, расположенной вблизи птицефабрики «Майская», расположенной в Белгородском районе Белгородской области. Отбор образцов почвы и растений производился на 3-х участках в радиусе 1,5 км от птицефабрики. Участок №1 располагался непосредственно на территории птицефабрики, №2- участок агроценоза с культивируемыми растениями вблизи птицефабрики, №3 – территория, прилегающая к помехохранилищу с естественной растительностью. Объектами нашего исследования являлись почвенные и растительные компоненты данных производственных участков. Отбор образцов почвы и растений проводили согласно требованиям соответствующих ГОСТов. Содержание свинца и кадмия в почве определяли атомно-абсорбционным методом ГОСТ 30178–96.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования отобранных образцов на содержание тяжелых металлов показали наличие особенностей в аккумуляции свинца и кадмия как в почве, так и в растениях (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в компонентах почвенно-биотического комплекса, мг/кг

Компоненты	Производственный участок №1		Производственный участок №2		Производственный участок №3	
	Кадмий (Cd)	Свинец (Pb)	Кадмий	Свинец	Кадмий (Cd)	Свинец (Pb)
Почва	0,10	5,20	0,12	4,95	0,20	8,10
Травянистая растительность	0,21	2,98			0,26	4,54
Соя			0,18	2,89		
Коэффициент биологического поглощения	2,1	0,57	1,5	0,58	2,8	0,56

Самая высокая концентрация кадмия в почве наблюдалась на производственном участке №3 (пометохранилище) в два раза и на 40% выше по сравнению с участками № 1 и № 2 соответственно (Рис. 1).

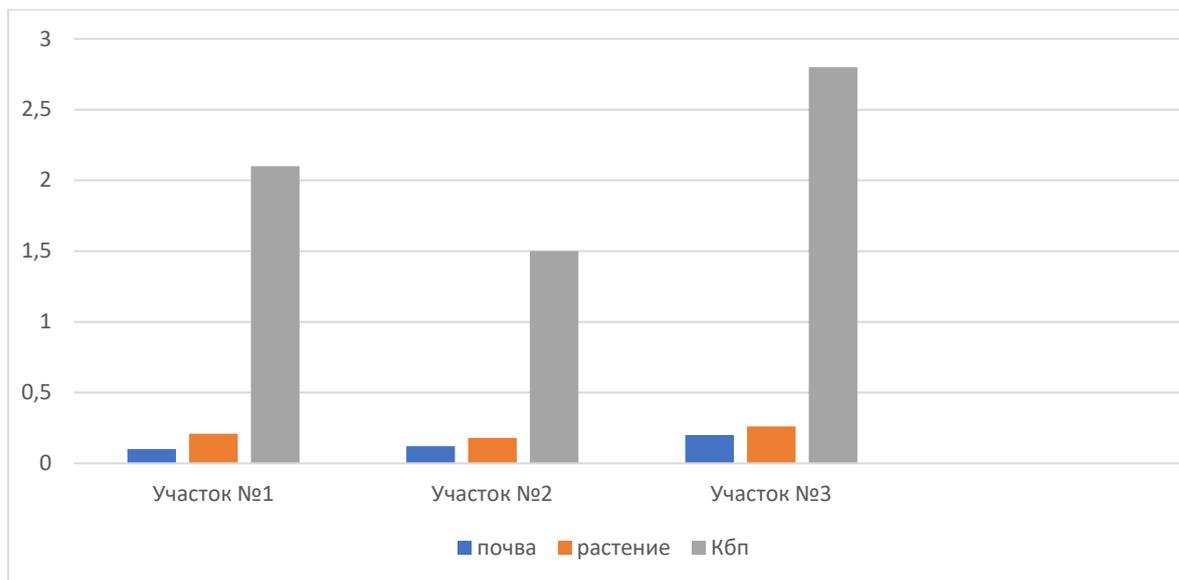


Рис. 1 – Содержание кадмия в образцах почвы и растений, мг/кг

Аналогичная закономерность имела место с распределением свинца на производственных участках №1 и №2 его содержание было ниже на 2,9 и 3,15 мг/кг или на 35,8 и 38,9% по отношению к участку №3 (Рис. 2).

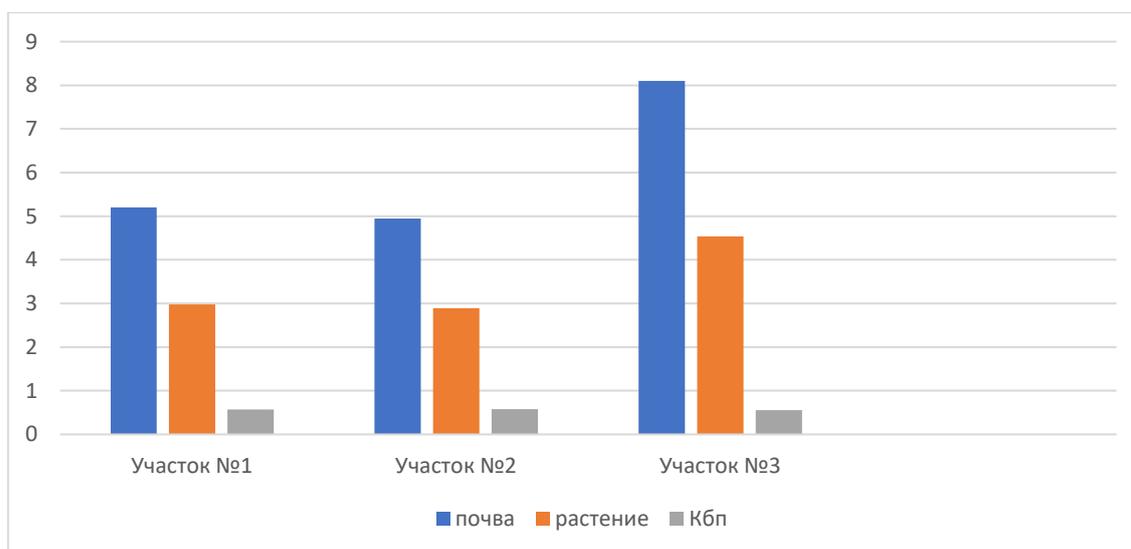


Рис. 2 – Содержание свинца в образцах почвы и растений, мг/кг

В травянистой растительности участков №1 и №3 уровень содержания кадмия был сопоставим по величине и различие составило 0,05 мг/кг или 19,2%. Для свинца это различие оказалось более существенным 1,56 мг/кг или 34,4% в пользу участка №3.

Сравнительный анализ концентрации кадмия в полевой культуре соя не выявил существенных различий содержания этого металла по отношению к разнотравно-луговому сообществу растений. Показатели свинца в травянистой растительности, расположенной вблизи пометохранилища на 1,65 мг/кг или на 36,3% превышали уровень этого токсиканта в сое, тогда как с растительностью производственного участка №1 это различие концентраций было минимальным.

Коэффициент биологического поглощения характеризует способность растениями поглощать тяжелые металлы из почвы, что отражает интенсивность их поступления в растения. Также чем выше КБП, тем больше содержание элемента в гумусово-аккумулятивном горизонте.

Кбп кадмия у сои более низкий по сравнению с данным показателем у многолетней растительности на производственных участках №1 и №3 на 29% и 47%, соответственно. Наиболее высокий показатель наблюдается на 3-м участке. Что показывает, также, загрязнение почвенного покрова данного участка кадмием в большей степени.

Коэффициент биологического поглощения свинца менее отличается и составляет в среднем 0,57. По полученным данным можно отметить, что кадмий обладает более высокой интенсивностью поглощения растениями по сравнению со свинцом.

Выводы. Таким образом, по результатам полученных исследований можно отметить, что на территорию, расположенную вблизи птицефабрики «Майская» наблюдается неоднородное технологическое воздействие данного предприятия. Наибольшую техногенную нагрузку испытывает на себе производственный участок №3, который технологически и функционально выполняет роль помехохранилища. Почвенно-биотические компоненты на этом участке наиболее загрязнены тяжелыми металлами, концентрация свинца и кадмия здесь достигала максимальных значений. Также на участке №3 отмечен наиболее высокий коэффициент биологического поглощения фитоценозом кадмия, что подтверждает его присутствие в гумусо-аккумулятивном слое, а также его свойство быстрее интенсивнее поглощаться растениями, в сравнении со свинцом, т. е. миграция и аккумуляция выражена сильнее. Относительно не высокую концентрацию тяжелых металлов можно отметить в агроценозах, предположительно это объясняется их выносом с урожаем, тогда как в естественных экосистемах интенсивность этого процесса существенно снижена. Такая же картина наблюдается с коэффициентом биологического поглощения. При сравнении кумулятивных свойств кадмия и свинца отмечается более выраженная биофильность кадмия.

Библиография

1. Ecological and agrochemical assessment of the effect of fertilizers on the behavior of cadmium and lead in soil / T.S. Morozova, V.I. Geltukhina, L.A. Manokhina, E.Y. Kolesnichenko // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 548. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – P. 72055.
2. Куликова М.А. Влияние аллелопатических свойств экстракта *Matricaria chamomilla* L. на всхожесть семян и формирование проростков культурных растений / М.А. Куликова, А.Г. Ступаков, В.И. Желтухина, С.И. Панин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – №7. – С. 26-32.
3. Лицуков С.Д. Влияние средств химизации на накопление свинца и цинка растениями овощных культур на черноземе типичном / С.Д. Лицуков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев // Вестник аграрной науки. – 2015. – № 4 (55). – С. 86-92.
4. Морозова Т.С. Агрохимические и экологические аспекты возделывания озимой пшеницы в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона: Монография / Т.С. Морозова, С.Д. Лицуков. – Белгород : Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 2021. – 136 с.
5. Морозова Т.С. Агроэкологическая оценка систематического применения удобрений на накопление кадмия и свинца в чернозёме типичном / Т.С. Морозова, Е.Ю. Колесниченко // Инновации в АПК: Проблемы и перспективы. – 2019. – № 4 (20). – С. 226-234.
6. Панин С.И. Оценка аккумуляции тяжёлых металлов древесными растениями лесополосы и полевыми культурами / С.И. Панин, Е.Ю. Колесниченко, Т.С. Морозова, В.И. Соловьёва // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки»: Изд-во МГОУ. – № 1. – 2014. – С. 75-80.
7. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. 77 с.

References

1. Ecological and agrochemical assessment of the effect of fertilizers on the behavior of cadmium and lead in soil / T.S. Morozova, V.I. Geltukhina, L.A. Manokhina, E.Y. Kolesnichenko // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 548. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – P. 72055.

2. Kulikova M.A. Influence of allelopathic properties of *Matricaria chamomilla* L. extract. on seed germination and the formation of seedlings of cultivated plants / M.A. Kulikov, A.G. Stupakov, Zheltukhin V.I., S.I. Panin // Bulletin of the Kursk state agricultural Academy. – 2021. – No. 7. – S. 26-32.

3. Lizukov S.D. Effect of chemicals on the accumulation of lead and zinc plants vegetable crops in the typical black soil / S.D. Lizukov, L.N. Kuznetsov, A.V. Shiryaev // Bulletin of agricultural science. – 2015. – № 4 (55). – Pp. 86-92.

4. Morozova T.S. Agrochemical and ecological aspects of winter wheat cultivation in the conditions of the southwestern part of the Central Chernozem region: Monograph / T.S. Morozova, S.D. Litsukov. – Belgorod : Publishing House of the Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2021. – 136 p.

5. Morozova T.S. Agroecological assessment of the systematic use of fertilizers for the accumulation of cadmium and lead in typical chernozem / T.S. Morozova, E.Yu. Kolesnichenko // Innovations in agriculture: Problems and prospects. – 2019. – № 4 (20). – Pp. 226-234.

6. Panin S.I. Assessment of the accumulation of heavy metals by woody plants of the protective forest belt and field crops / S.I. Panin, E.Y. Kolesnichenko, T.S. Morozova, V.I. Solovyova // Bulletin of the Moscow State University. Series "Natural Sciences": Publishing House of Moscow State University. No. 1 – 2014. – pp.75-80.

7. Titov A.F., Talanova V.V., Kaznina N.M. Physiological foundations of plant resistance to heavy metals: textbook; Institute of Biology KarSC RAS. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2011. 77 p.

Сведения об авторах

Желтухина Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: Zheltuhina_vi@bsaa.edu.ru

Морозова Тамара Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: Morosova_ts@bsaa.edu.ru

Панин Сергей Иванович, кандидат биологических наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: Panin_si@bsaa.edu.ru

Мелентьев Антон Александрович, кандидат экономических наук доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: Melentyev_aa@bsaa.edu.ru

Куликова Марина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru, 8(4722)381770

Information about the authors

Zheltukhina Valentina Ivanovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: Zheltuhina_vi@bsaa.edu.ru

Tamara Sergeevna Morozova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: Morosova_ts@bsaa.edu.ru

Panin Sergey Ivanovich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: Panin_si@bsaa.edu.ru

Melentyev Anton Aleksandrovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: Melentyev_aa@bsaa.edu.ru

Kulikova Marina Alekseevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University, 1 Vavilova str., Maysky village, Belgorod region, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru, 8(4722)381770

УДК 631.811.1:2

Н.И. Клостер, В.Б. Азаров

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ ЦЧЗ

Аннотация. По результатам исследований в полевом опыте, заложенном на опытном поле в Ракитянском районе Белгородской области, выявлены закономерности изменения продуктивности сои, кукурузы на зерно и озимой пшеницы под действием различных видов и форм органических удобрений и энергосберегающих способов обработки почвы. Применяемые в опыте удобрения представляют собой отходы отрасли животноводства агропромышленного холдинга «БЭЗРК-Белгранкорм». Изучается влияние на урожайность зерна и качественные показатели свиноводческих стоков, компоста, приготовленного на основе птичьего (куриного) помёта и нового органического удобрения, подвергнутого грануляции на собственном оборудовании хозяйства. Изучалась возможность как осеннего внесения органики под основную обработку почвы, так и весенний способ применения перед посевом зерновых культур. Так же как фактор опыта рассматривались два способа заделки удобрений - мелкий до 10 см и посредством обработки почвы тяжелыми дисковыми орудиями с глубиной обработки до 20 см с перемешиванием почвенных слоёв. Доказана эффективность органического компоста и гранулированного удобрения в зерновом севообороте в вопросах повышения урожайности зерна и снижения общих затрат при возделывании сельскохозяйственных культур. Определены оптимальные варианты внесения органического компоста, гранулированных удобрений и свиноводческих стоков для создания условий высокоэффективного хозяйствования на чернозёме типичном юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона России. По результатам исследований даны рекомендации производству по технологии возделывания зерновых культур с применением в системе удобрения различных доз, видов, форм и условий органических удобрений, в том числе инновационных гранулированных с пролонгированным действием питательных веществ.

Ключевые слова: чернозёмы, агротехнологии, органические удобрения, севооборот

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF GRAIN CROPS WITH THE USE OF ORGANIC FERTILIZERS IN BIOLOGICAL AGRICULTURE OF THE CENTRAL AGRICULTURAL DISTRICT

Abstract. According to the results of research in the field experiment laid down in the experimental field in the Rakityansky district of the Belgorod region, patterns of changes in the productivity of soybeans, corn for grain and winter wheat under the influence of various types and forms of organic fertilizers and energy-saving methods of tillage were revealed. The fertilizers used in the experiment are waste products of the livestock industry of the agro-industrial holding "BAZRK-Belgrankorm". The influence on grain yield and quality indicators of pig runoff, compost prepared on the basis of poultry (chicken) manure and a new organic fertilizer subjected to granulation on the farm's own equipment is being studied. The possibility of both the autumn application of organic matter for the main tillage and the spring method of application before sowing grain crops was studied. Also, as a factor of experience, two methods of embedding fertilizers were considered - shallow up to 10 cm and through tillage with heavy disk tools with a processing depth of up to 20 cm with mixing of soil layers. The effectiveness of organic compost and granular fertilizer in grain crop rotation in increasing grain yield and reducing total costs in the cultivation of crops has been proven. The optimal options for the application of organic compost, granular fertilizers and pig runoff have been determined to create conditions for highly efficient management on chernozem typical of the southwestern part of the Central Chernozem region of Russia. Based on the results of the research, recommendations are given to production on the technology of cultivation of grain crops with the use of various doses, types, forms and conditions of organic fertilizers in the fertilizer system, including innovative granular with prolonged action of nutrients.

Keywords: chernozems, agrotechnologies, organic fertilizers, crop rotation

Введение. По результатам анализа структуры посевных площадей 2020 года в земледелии Белгородской области основные культуры зерновой группы, такие как кукуруза, озимая пшеница и соя, занимали больше половины площади посевов, что объясняется высокой потребностью отрасли животноводства в кормах собственного производства. Задачами зерновых компаний в этом случае является определить и подобрать такие элементы агротехнологии возделывания зерновых культур, при которых обеспечивались высокие стабильные урожаи зерна при наименьших затратах в технологических картах [9] с одновременным сохранением показателей плодородия эксплуатируемых почв [6, 10]. В качестве удобрения все шире применяется органика, являющаяся отходом жизнедеятельности сельскохозяйственных животных и птицы [7]. Однако, вопросы по конкретным видам, дозам, срокам и месте при-

менения органических удобрений каждый руководитель зерновой компании решает самостоятельно, зачастую руководствуясь принципами не научного обоснования или практической целесообразности, а наличием в данный момент того или иного удобрительного продукта.

В сельскохозяйственной науке проблема научно-обоснованного применения органических удобрений носит дискуссионный характер. Одни учёные [2, 4] безоговорочно поддерживают идею полного отказа от минеральных туков в пользу органики, другие [3, 5] утверждают, что органические удобрения играют скорее роль почвоулучшителей, нежели хозяйственно ценного, эффективного средства повышения продуктивности возделываемых культур. В Центрально-Чернозёмном регионе России эффективность подстилочного навоза КРС и птичьего помёта изучалась во многих стационарных опытах [1, 4, 8]. В настоящее время крупными агрохолдингами стали применяться более совершенные виды удобрений-органические компосты многоступенчатой технологии, гранулированные органические удобрения с возможностью моделирования содержания питательных веществ. Данные удобрительные продукты нуждаются во всесторонней апробации, детальном выявлении их эффективности на различных культурах, почвах и при дифференцированном способе их заделки в почву.

С этой целью научно-производственной лабораторией по земледелию был заложен в 2018 году полевой опыт на землях ООО «семхоз Ракитянский», входящего в холдинговую структуру «БЭЗРК-Белгранкорм», в западной части Белгородской области.

Главная цель эксперимента – выявить эффективность различных доз, сроков и способов заделки нового гранулированного удобрения собственного производства БГК-ВН с содержанием азота в своём составе на уровне 2,5% на продуктивность зерновой кукурузы, озимой пшеницы и сои.

Варианты опыта:

1. Контроль без удобрений
2. БГК-ВН на планируемый урожай
3. Птичий компост на планируемый урожай
4. Свиноводческие стоки на планируемый урожай
5. БГК-ВН 2 т/га осенью
6. БГК-ВН 4 т/га осенью
7. БГК-ВН 6 т/га осенью
8. БГК-ВН 2 т/га весной
9. БГК-ВН 4 т/га весной
10. БГК-ВН 6 т/га весной

Два способа заделки:

1. Мелкий до 15 см (поверхностный)
2. Глубокий до 27 см (безотвальный)

В нашем опыте мы проводили учет урожайности зерна поделяночно в двух повторениях методов расчетных площадок. Далее, после контрольного взвешивания, зерно сушили до стандартной влажности и делали пересчет на гектар.

В опыте использовался высокопродуктивный гибрид кукурузы интенсивного типа, отзывчивый на внесение удобрений и высокие показатели почвенного плодородия, а также районированные сорта сои и озимой пшеницы селекции Белгородского ГАУ.

Погодные условия были в целом благоприятные для зерновых культур.

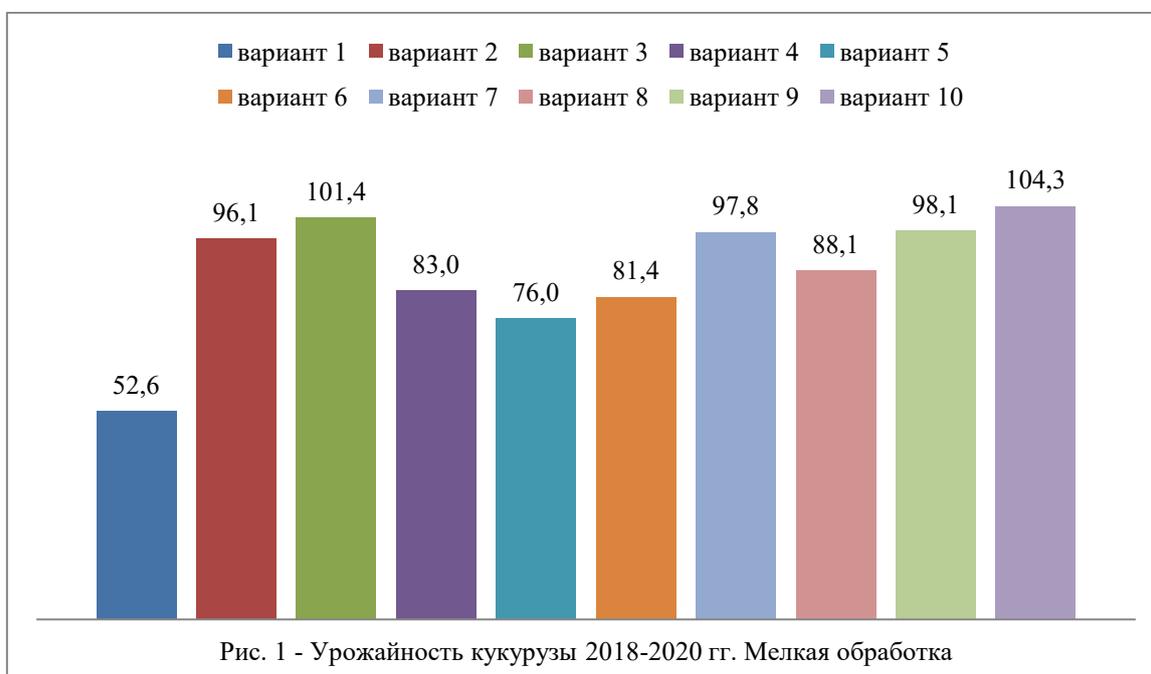
Кукуруза на зерно обладает большими потенциальными возможностями в успешном решении проблемы обеспечения общественного животноводства высококачественными кормами. При современном уровне развития селекции и семеноводства получены перспективные сорта и гибриды кукурузы, способные на оптимальном агрофоне формировать урожай зерна свыше 100 ц/га. Например, в 2020 году отдельные хозяйства Белгородской области на экспериментальных полях получали по 120 ц/га зерна кукурузы.

Камеральная обработка экспериментальных данных по элементам продуктивности кукурузы на зерно показала, что выход зерна по вариантам опыта возрастает с повышением

уровня удобренности с 67% на контроле до 79-80% при органической системе удобрений при использовании компоста. Достоверность величины превышения выхода зерна наблюдается только при условии значительных изменений в пищевом режиме минерального питания растений.

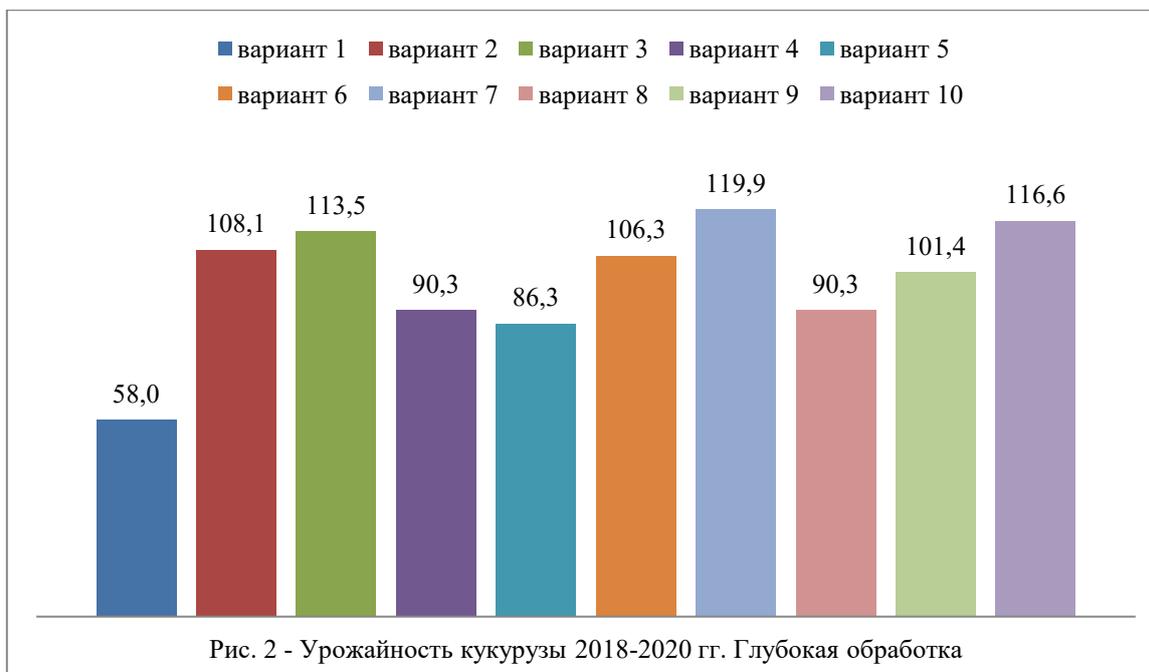
Очень показательны наблюдения и учеты по числу початков на одном растении на разных вариантах удобренности. Если на абсолютном контроле число початков на растении в среднем было равно 0,85 штук, то при полной дозе БГК-ВН оно достигло 1,2, при полной компоста -1,3 при мелкой обработке, а при глубокой на фоне применения компоста число початков на одном растении увеличилось до 1,5. Следует отметить, что число рядов и зерен в початке, масса зерен с початка зависит от уровня удобренности кукурузы. На фоне компоста при мелкой обработке отмечено незначительное снижение массы зерен в початке и вес 1000 зерен, что указывает о щуплости зерна при увеличении удобренности растений. Наиболее высокое соотношение зерна и надземной массы кукурузы отмечено на варианте с максимальной удобренностью компостом 1:3, наименьшее на абсолютном контроле 1:2,1.

Урожай зерна кукурузы на контрольном варианте составил 52,6-58,0 ц/га, что подтверждает тезис о том, что чернозем типичный опытного участка обладает довольно высоким уровнем естественного плодородия (рис. 1).



Кукуруза на зерно положительно реагировала на дополнительное внесение удобрений. При внесении расчетных доз органических удобрений в виде гранул БГК-ВН урожай зерна возрос на 43,5-50,1 ц/га против контроля с преобладанием величин по глубокой обработке, от применения свиностокков также зафиксировано повышение урожайности на 30 ц/га при НСР₀₅ 8,5 ц/га.

Программой исследований предусматривалось внесение гранулированных органических удобрений БГК-ВН в трех градациях обеспеченности и по двум срокам – осенью под основную обработку почвы и перед посевом. Как показали результаты обработки экспериментальных данных поделяночной уборки кукурузы, прибавки от данного вида удобрения значительно различаются. Лучшие результаты показало внесение 6 т/га весной – 116,6 ц/га при глубокой обработке и 119,8 – при осеннем внесении.



Мелкая обработка почвы под кукурузу также способствовала увеличению сбора зерна до 97,8-104,3 ц/га на аналогичных вариантах удобрения. Снижение нормы внесения органических удобрений показало результат на уровне 76,8-106,1 ц/га с лучшими значениями при глубокой обработке почвы (рис. 2).

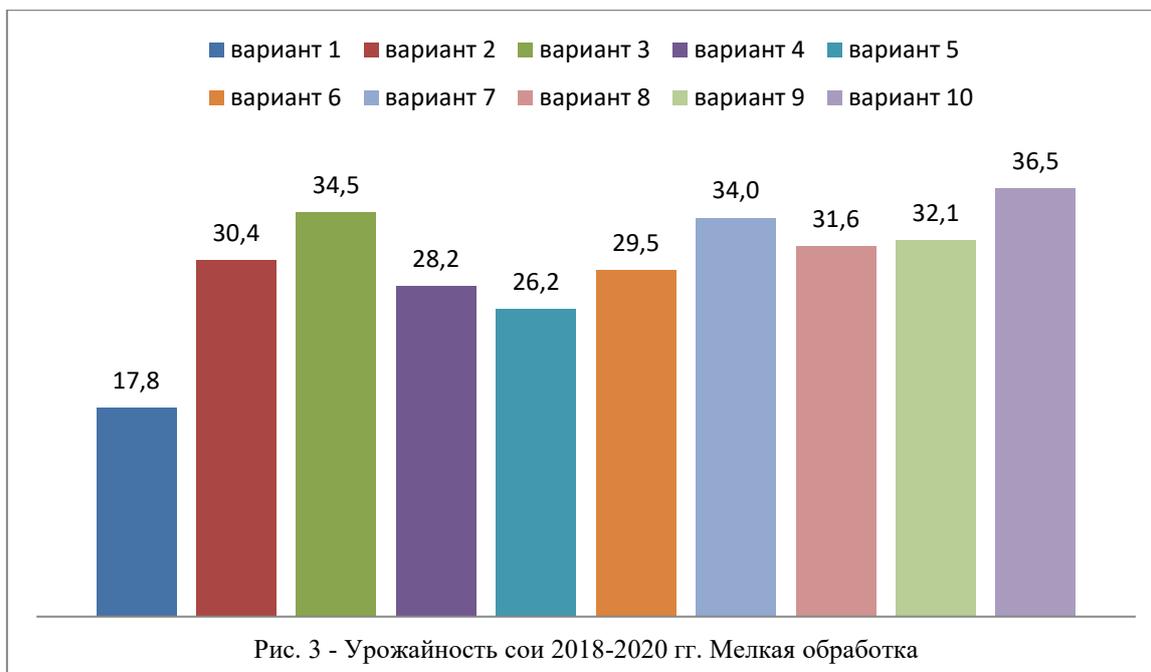
Дальнейшее увеличение урожая зерна кукурузы на фоне расчетных доз удобрений на планируемый урожай потребует дополнительных усилий в плане подбора высокопродуктивных сортов и гибридов, применения биологически активных препаратов, стимуляторов роста, депрессантов и т.д.

Элементы структуры продуктивности сои во многом определялись уровнем удобрения растений. Например, количество плодоносящих узлов в среднем на одно растение составило на контроле без применения удобрений 10,7 штук, при внесении компоста количество их возросло до 14,2, а полная доза БГК-ВН повысила число плодоносящих узлов до 14,6 штук в среднем на одно растение. Отсюда следует, что увеличение дозы удобрений не оказывало существенного, достоверного влияния на данный показатель продуктивности сои.

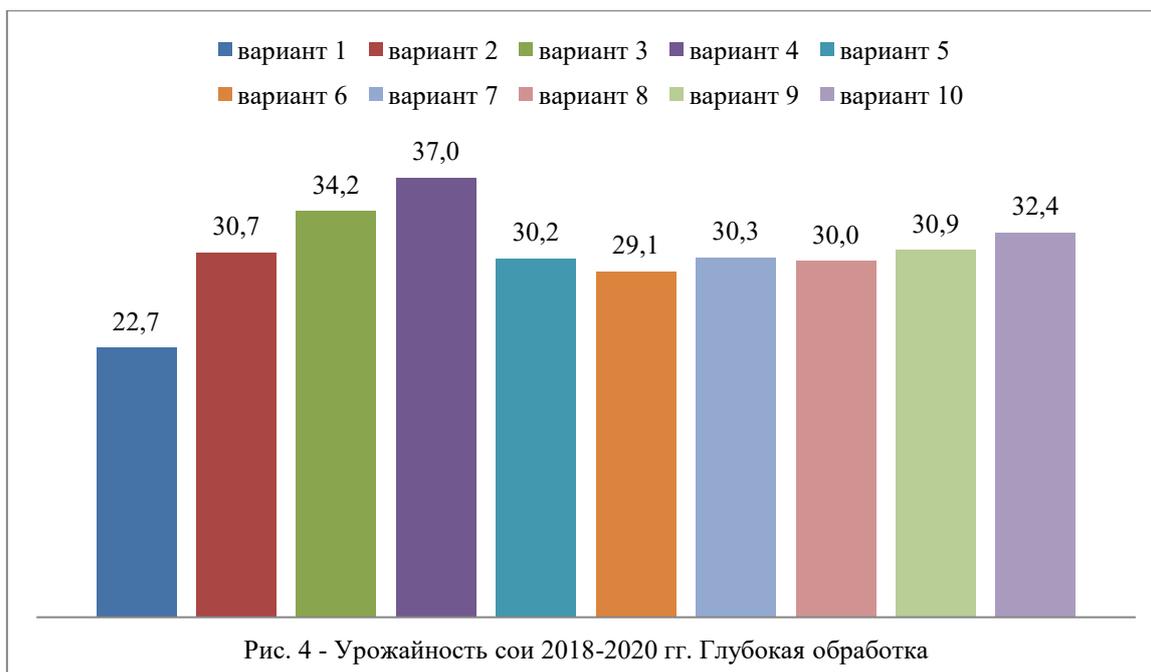
Высота прикрепления нижних бобов весьма значима в технологическом плане. Чем выше нижние бобы прикреплены к стеблю, тем меньше потери семян сои при уборке комбайном, что обеспечит повышение бункерного веса.

При повышении дозы вносимых удобрений от 2 до 6 т/га БГК-ВН количество бобов на одном растении увеличилось на 7-9 штук, также число семян стало большим с 50 до 59 на растение, при этом разница в данном показателе находится в пределах НСР₀₅, т.е. математически доказуема и следовательно достоверна. Усиление уровня минерального питания сои способствовало росту вегетативной массы растений (высота растений в среднем на контроле составила 84,0 см, при применении свиностокков 96,0 см и при БГК-ВН в полной дозе 102,0 см).

Все эти обстоятельства не смогли не сказаться на величине урожая семян сои по вариантам опыта. Следует отметить, что эффективное плодородие почвы на опытном участке поля № 2 выше по сравнению с кукурузным. В этих условиях за счет почвенных запасов усвояемых питательных веществ был сформирован урожай зерна сои 17-22 ц/га (рис. 3).



Установленная полная доза удобрений под плановый урожай сои в виде компоста, свиногостоков и гранулированной органики достаточной для достижения намеченных целей – получения продуктивности зерна сои выше 30 ц/га. Урожай зерна на фоне полной дозы БГК-ВН составил 30,2-30,7 ц/га при фиксированной дозе 26,2-31,6 ц/га (рис. 4).



На растениях сои, точнее на ее корневой системе при визуальном осмотре присутствовали многочисленные галлы клубеньковых бактерий. Это означает, что на посевах сои функционировал бобово-ризобияльный аппарат, призванный обеспечивать бобовое растение дополнительным источником азотного питания благодаря фиксации атмосферного азота и вовлечения его в биологический круговорот. В данном конкретном случае налицо переход растений сои не только на автотрофное азотное питание за счет внесенных удобрений и почвенных запасов, но и вовлечение в метаболизм азота атмосферы, что также является важным компонентом перехода земледелия на биологическую основу. В качестве обязательного агротехнического приема следует активно использовать предпосевную обработку семян бакте-

риальными препаратами, состоящими из микробной массы нитрогеназных бактерий. Тем более такой прием актуален по той причине, что в сложившейся местной, почвенной микробиологической ассоциации полностью отсутствуют аборигенные штаммы высоковерулентных клубеньковых бактерий, присущих сравнительно новой, интродуцированной культуре, каковой является соя.

Основным лимитирующим фактором для формирования полноценного урожая зерна озимой пшеницы явились в нашем опыте органические удобрения и способы их заделки.

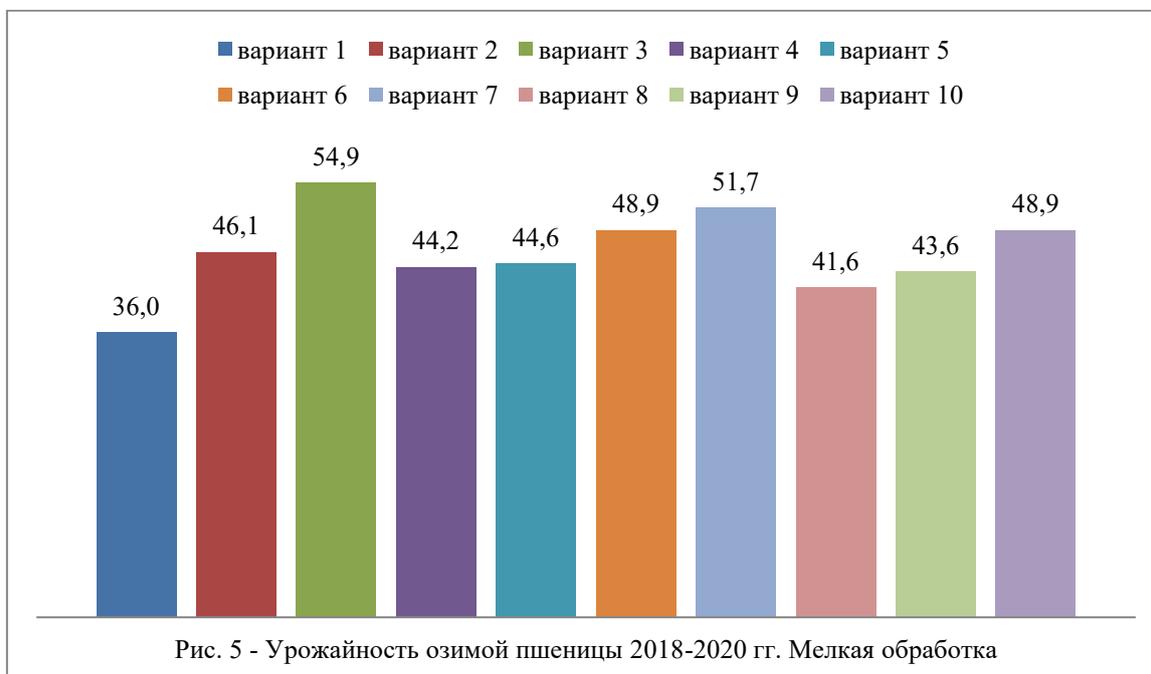


Рис. 5 - Урожайность озимой пшеницы 2018-2020 гг. Мелкая обработка

На контроле без применения удобрений озимая пшеница сформировала урожай на уровне 36-38 ц/га благодаря высокому потенциалу сорта и культуре земледелия в хозяйстве, предусматривающей качественное выполнение всех агротехнологических операций в оптимальные сроки (рис. 5).

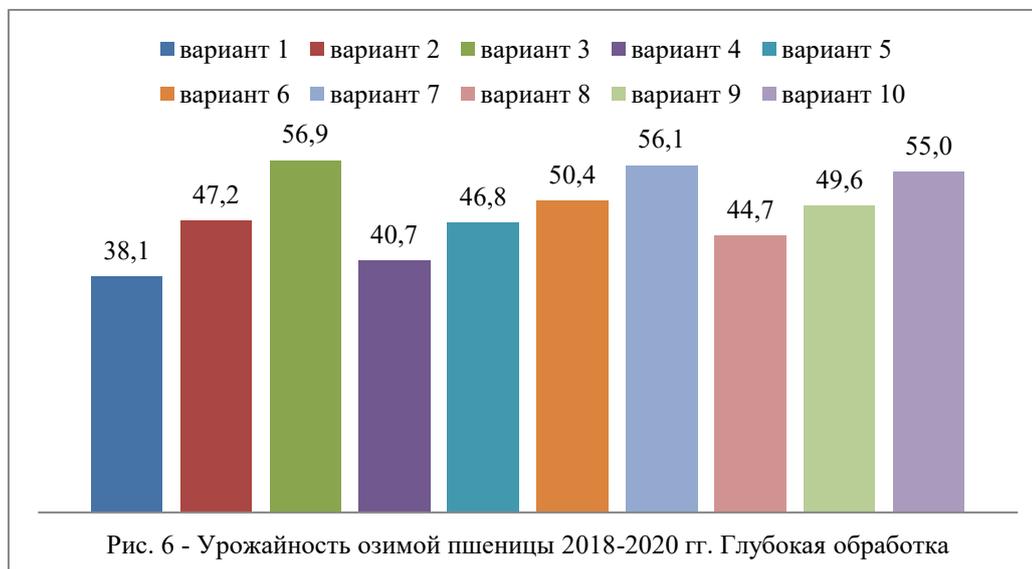
Свиноводческие стоки, внесенные перед посевом озимой пшеницы, показали прибавку урожая 4,7-8,2 ц/га благодаря своим удобрительным свойствам и доступности для усвоения растениями питательных веществ, главным образом, азота. В данном случае более высокие величины урожайности зафиксированы при мелкой заделке свиносток, что можно объяснить лучшим коэффициентом использования водорастворимых соединений азота при попадании в верхний, наиболее аэрируемый слой почвы.

Компост, приготовленный на основе птичьего помета, оказал на растения озимой пшеницы наиболее благоприятное воздействие, выражающееся в максимальном уровне урожайности, достигающим величин 54,9-56,9 ц/га при практически равной эффективности способа заделки.

Гранулированное органическое удобрение БГК-ВН, как при осеннем, так и при весеннем применении показало хорошие результаты. С увеличением количества вносимого удобрительного субстрата урожайность закономерно пропорционально увеличивалась, достигая уровня 55-56 ц/га. Следует отметить, что в данном случае более эффективной оказалась глубокая заделка органики, что стало следствием постепенного высвобождения питательных веществ удобрений при растворении гранул и доступность их растениям озимой пшеницы в критические периоды потребления (рис. 6).

Сноповой анализ и разбор растительных образцов озимой пшеницы с экспериментальных делянок опыта отражает тенденции, описанные при анализе урожайности. Лучшими показателями оказались внесение компоста, гранулированного удобрения с некоторым преимуществом глубокой заделки.

В целом по результатам проведенных исследований можно сделать вывод о значительной роли органических удобрений в плане повышения продуктивности зерновых культур и рекомендовать производству применение компоста на основе птичьего помёта при возделывании кукурузы, гранулированную органику как при осеннем, так и при весеннем внесении под все зерновые культуры с возможностью мелкой заделки при энергосберегающей поверхностной обработке почвы.



В целом по результатам проведенных исследований можно сделать вывод о значительной роли органических удобрений в плане повышения продуктивности зерновых культур и рекомендовать производству применение компоста на основе птичьего помёта при возделывании кукурузы, гранулированную органику, как при осеннем, так и при весеннем внесении под все зерновые культуры с возможностью мелкой заделки при энергосберегающей поверхностной обработке почвы.

Библиография

1. Азаров В.Б. Агроэкологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения ЦЧЗ / Автореферат дисс...доктора с.-х. наук, Курск, 2004, 40 с.
2. Гридчин В.Т. Новые технологии - первый шаг к биологическому земледелию. – Белгород. Крестьянское дело, 2012, 248 с.
3. Глуховченко А.Ф., Лицуков С.Д. Птичий помет как органическое удобрение при возделывании зерновой кукурузы в Белгородской области. – В кн: Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Белгород, 2012, С. 42-47.
4. Кластер Н.И., Азаров В.Б. Эколого-агрохимические аспекты внедрения приемов биологизации земледелия при возделывании озимой пшеницы. – В кн.: Почвозащитное земледелие в России. Курск, 2015, С. 143-145.
5. Куликова М.А. Изменение свойств чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в условиях Центрального Черноземья. Автореферат... кандидата с.-х. наук. Курск. 2008. 21 с.
6. Ореховская А.А., Ступаков А.Г. Влияние агротехнических приемов на продуктивность озимой пшеницы в условиях ЦЧР / Вестник Международного института питания растений. 2015. № 1. – С. 6-9.
7. Постановление Правительства Белгородской области № 14-ПП от 26 января 2015 года «О внедрении биологической системы земледелия»
8. Родионов В.Я., Кластер Н.И. Удобрения в современном земледелии / В.Я. Родионов. – Белгород, 2013. – 213 с.
9. Турьянский А.В. и др. Технологический регламент возделывания основных сельскохозяйственных культур в Белгородской области / А.В. Турьянский, 2012, Белгород, 687 с.
10. Тютюнов С.И. Разработка элементов агротехнологий в Белгородском ФАНЦ РАН как основы современных систем земледелия // Инновационно-технологические основы развития адаптивного ландшафтного земледелия. – Курск : Курский ФАНЦ РАН, 2020. – С. 35-39.

References

1. Azarov V.B. Agroecological monitoring of agricultural lands TsChZ / Abstract of a thesis ... Doctor of Agricultural Sciences. nauk, Kursk, 2004, 40 p.

2. Gridchin V.T. New technologies are the first step towards biological farming. – Belgorod. Peasant business, 2012, 248 p.
3. Glukhovchenko A.F., Litsukov S.D. Bird droppings as organic fertilizer in the cultivation of grain corn in the Belgorod region. – In the book: Biologization of the adaptive landscape farming system. Belgorod, 2012, p. 42-47.
4. Kloster N.I., Azarov V.B. Ecological and agrochemical aspects of the introduction of agricultural biologization techniques in the cultivation of winter wheat. – In the book: Soil-protective agriculture in Russia. Kursk, 2015, p. 143-145.
5. Kulikova M.A. Changes in the properties of leached chernozem during prolonged use of fertilizers in the conditions of the Central Chernozem region. Abstract ... of a candidate of agricultural sciences. sciences. Kursk. 2008. 21 s.
6. Orekhovskaya A.A., Stupakov A.G. The influence of agrotechnical methods on the productivity of winter wheat in the conditions of the Central Black Earth Region / Bulletin of the International Institute of Plant Nutrition. 2015. No. 1. – p. 6-9.
7. Decree of the Government of the Belgorod Region No. 14-PP dated January 26, 2015 "On the introduction of a biological farming system"
8. Rodionov V.Ya., Kloster N.I. Fertilizers in modern agriculture / V.Ya. Rodionov, Belgorod, 2013, 213 p.
9. Turyansky A.V. et al. Technological regulations for the cultivation of basic agricultural crops in the Belgorod region / A.V. Turyansky, 2012, Belgorod, 687 p.
10. Tyutyunov S.I. Development of elements of agricultural technologies in the Belgorod FANTS RAS as the basis of modern farming systems // Innovative and technological foundations for the development of adaptive landscape agriculture. – Kursk : Kursk FANTS RAS, 2020. – pp. 35-39.

Сведения об авторах

Клостер Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-22-02, e-mail: klonata-1978@rambler.ru

Азаров Владимир Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина», ул. Вавилова д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503

Information about the authors

Natalia Kloster, candidate of agricultural Sciences, associate Professor, vice-Rector for Academic Affairs, Belgorod state agrarian UNIVERSITY, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, tel.+74722 39-22-02, e-mail: klonata-1978@rambler.ru

Azarov Vladimir Borisovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, st. Vavilova 1, item Mayskiy, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503

УДК 631.4+631/635

Е.В. Ковалёва, И.Ю. Вагурин, Н.А. Лопачёв, О.С. Кузьмина, В.И. Степанова

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ ПО ПРОФИЛЮ ПАХОТНЫХ ПОЧВ И ПЕДОТУРБАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ЛУГОВО-СТЕПНЫХ УЧАСТКАХ МЕТОДОМ АГРОХРОНОРЯДОВ

Аннотация. Работа посвящена изучению гранулометрического состава почв 120-летнего и 240-летнего земледельческого освоения лугово-степного ландшафта на примере Белгородской области. В латеральном распределении илистой фракции, содержащейся в пахотном горизонте, обнаружено существенное увеличение её доли в нижних частях почвенных катен 120-летней пашни, для 240-летней пашни латеральные колебания илистой фракции менее заметны. Усреднённые значения содержания ила по склоновым профилям пашни 240-летнего возраста показали локальный максимум ила, приуроченный к подпахотному горизонту. Обнаружена обратная зависимость для склонов на 120-летней пашне, а именно факт увеличения процентного содержания илистой фракции на глубине не приводит к увеличению тех же фракций в припахотном слое. В радиальное распределение гранулометрического состава вносит вклад исходная неоднородность почвообразующих пород. На фоновых участках с глубиной обнаруживается постепенное утяжеление за счёт роста доли илистой фракции, что может быть обусловлено наличием легкоглинистых подстилающих пород, сменяющихся ближе к поверхности менее тяжёлыми бурыми карбонатными суглинками. В почвенных разрезах, изученных катен, выявлены многочисленные слепышины, особенно много их выявлено на глубине до одного метра. Средняя площадь, занятая слепышинами на стенках усредненного разреза составляет 80-90% на 120-летней пашне и 70-80% на 240-летней пашне. На почвах фоновых катен слепышинами занято 30-40% стенок почвенных разрезов. Слепышины чаще встречаются в почвах катен склонов северной экспозиции – как 120-летние, так и 240-летней пашен.

Ключевые слова: почвенный разрез, экспозиция склона, слепышины, пашня, радиальное распределение, латеральное распределение, ландшафтная катена, экспозиция склона

DISTRIBUTION OF SILT FRACTION ACCORDING TO PROFILE OF ARABLE SOILS AND PEDOTURBATION ACTIVITY OF SOIL MAMMALS IN MEADOW-STEPPE AREAS BY METHOD OF AGROCHRONORROWS

Abstract. The work is devoted to the study of the granulometric composition of soils of 120 years and 240 years of agricultural development of the meadow-steppe landscape on the example of the Belgorod region. In the lateral distribution of the silt fraction contained in the arable horizon, a significant increase in its share in the lower parts of the soil catens of the 120-year-old arable land was found, for a 240-year-old arable land, lateral fluctuations of the silt fraction are less noticeable. The average values of the sludge content according to the prone profiles of arable land of 240 years of age showed the local maximum of sludge confined to the underground horizon. An inverse relationship was found for slopes on 120-year-old arable land, namely the fact of an increase in the percentage of silt fraction at depth does not lead to an increase in the same fractions in the solder bed. The initial heterogeneity of soil-forming rocks contributes to the radial distribution of particle size distribution. In the background areas with depth, gradual weighting is found due to the growth of the share of the silty fraction, which may be due to the presence of light-clay underlying rocks, which change closer to the surface with less heavy brown carbonate loams. In the soil sections studied by catens, numerous blindflows were identified, especially many of them were detected at a depth of up to one meter. The average area occupied by blindsides on the walls of the averaged incision is 80-90% on 120-year-old arable land and 70-80% on 240-year-old arable land. On the soils of background catens, 30-40% of the walls of soil incisions are occupied by blindness. Blindsides are more often found in the soils of the catens of the slopes of the northern exposition - both 120-year-old and 240-year-old arable land.

Keywords: soil cut, slope exposition, blindness, arable land, radial distribution, lateral distribution, landscape roll, slope exposition

Введение. Антропогенные воздействия на почвы сильно возросли в последнее столетие, и являются новым рубежом в исследовательских аспектах почвоведения [1]. Большое количество теоретико-методических разработок в данной области являются характерной чертой современной науки о почвах [2]. Изучение изменений свойств почв при их сельскохозяйственном освоении актуально как для целей генетического почвоведения, так и для оценок экологического состояния компонентов лесостепного ландшафта. Агрохроноряды почв с различным возрастом сельскохозяйственного освоения позволяют выявить не только характер изменения почвенных свойств, но и обнаружить стадийность данных изменений,

вскрыть особенности трансформаций на ранних и поздних стадиях распашки, выявить скорость убыли или накопления ряда веществ в почвах.

В процессе агрогенеза в пахотных почвах происходит накопление, а затем закрепление новых признаков и свойств, не характерных для естественного почвообразования. Поэтому возникает необходимость в исследовании направленности, стадильности, механизмов и закономерностей, протекающих в агрогенных почвенных телах во времени [3]. Сравнительный анализ свойств и процессов почвообразования на пашнях разного возраста известен как метод почвенных агрохронорядов [4-7].

Содержание илистой фракция при микроагрегатного анализе отражает генетические особенности почвы и результаты антропогенного воздействия на них, а различные отношения между содержанием илистой фракции при микроагрегатном и механическом анализах служат надежным показателем физического состояния почв и уже более 50 лет успешно применяется для оценки условий агрегатообразования к устойчивости структуры почвы. [8].

Педотурбационная активность почвенных млекопитающих приводит к формированию сложно организованной пространственной структуры почвы, в которой сочетаются механически устойчивые конструкции с промежутками, занятыми менее плотной почвенной массой. Такая организация почвенного тела обладает выгодным сочетанием свойств твердой и менее твердой почвенных масс. Важной особенностью такой организации является длительный положительный эффект от педотурбационной активности млекопитающих для других компонентов экосистемы (почвенных беспозвоночных, микроорганизмов и растений).

Почвенные выбросы слепышей характеризуются меньшей электрической проводимостью, чем окружающая порой почва, в связи с изменением плотности почвы и влажности по сравнению с ненарушенной почвой. Масштаб влияния роющей активности слепышей на электропроводность почвы не ограничивается геометрическими границами порою. Порои окружены ореолом радиусом 1,0-1,5 м, который характеризуется повышенной электрической проводимостью почвы. Размер ореола увеличивается с возрастом порою и при более агрегированном их взаимном расположении [9, 10].

Роющая активность слепышей оказывает комплексное влияние на почву, растительность, почвенных животных, активность микробиологических процессов в почве. В большинстве работ характер педотурбационного влияния животных изучается в формате «влияние - контроль». Однако результаты воздействия имеют сложную пространственную динамику, которая изменяется во времени. В полной мере выявить характер воздействия роющей активности можно только в контексте пространственного оценивания динамики экосистемных процессов, индуцированных педотурбационной активностью [11-14].

Объекты и методы исследования. Для выбора участка нам понадобились материалы Российского государственного архива древних актов (РГАДА, г. Москва), на основании которых был установлен возраст земледельческой обработки почв, изучаемых катен на лугово-степном ключевом участке исследований. Возраст пашни составлял 120 лет и 240 лет.

Полевое исследование почв на выбранных ключевых участках предполагало следующие виды работ: закладка почвенных разрезов, описание строения почвенных профилей, фотографирование передних стенок почвенных разрезов, определение плотности почвы с помощью стальных колец; отбор почвенных образцов на лабораторные анализы.

В результате полевых исследований было изучено 32 разреза на лугово-степном участке (6 разрезов на фоновых катенах и по 12 разрезов на распахиваемых катенах). Каждый разрез был обеспечен послойными значениями морфометрических показателей почвенных горизонтов и глубины залегания карбонатов. Методы лабораторного анализа почв включали определение гранулометрического состава (включая содержание илистой фракции) по методу Качинского. В общей сложности были проанализированы 321 образец участка «Курасовка».

Исследуемый ключевой участок под названием «Курасовка», соответствующий лугово-степному ландшафту лесостепи, расположен на пашнях юго-восточнее поселка Курасовка

Ивнянского района, а фоновые участки – в окрестностях поселков Сафоновка и Покровский того же района Белгородской области.

В выявленных для исследования катенах средняя длина склонов составляла 500-550 м. Они являются выпуклыми по своей форме и имеют крутизну от 0-2° на вершине до 4-6° в нижней части. На каждой из четырех распахиваемых катен (по две полярных экспозиций возраст распашки – 120 и 240 лет) было заложено по 6 почвенных разрезов. Все точки заложения этих разрезов на каждой катене выбирались с тем условием, что у них будут позиционные аналоги на противоположном склоне и на склонах катен другого возраста распашки (рис. 1).

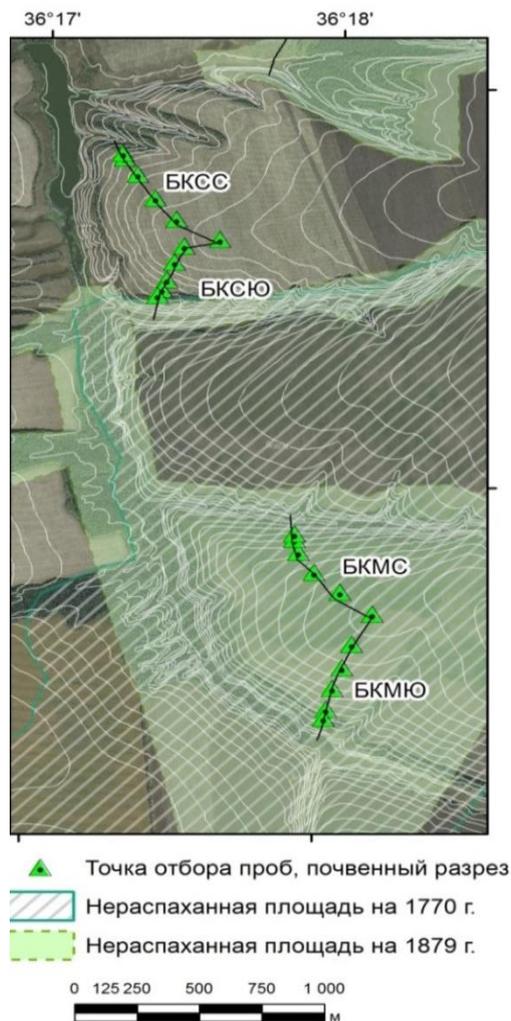


Рис. 1 - Профили катен на топографической основе масштаба 1:10000 и их положение на космоснимке (участок «Курасовка»)

На двух фоновых катенах северной и южной экспозиций были заложены по 3 разреза, верхний из которых соответствовал абсолютно ровному водоразделу (близкий аналог местоположений разрезов 1 и 2 на пашнях), средний разрез соответствовал позициям разрезов 3 и 4 на пашнях, а самый нижний разрез – местоположению разрезов 5 и 6 в нижних частях изучаемых склонов на пашнях. Расстояние между изучаемыми профилями почв фоновых катен составило 180-200 м. Ограниченность точек исследования фоновых катен определялась погодными условиями периода их исследования, не позволившими детально (путем заложения 6 почвенных разрезов на каждой фоновой катене) их изучить.

Фоновые участки изученных почвенных катен лугово-степного ландшафта характеризуются следующими особенностями морфологического строения почвенных профилей.

В катене северной экспозиции от водораздела к нижней части изучаемого склона происходит закономерная смена почв по элементам рельефа.

В точке 1 с крутизной поверхности 0 градусов почва идентифицирована как чернозем типичный; мощный, среднесуглинистый, на карбонатном среднем лёссовидном суглинке (рис. 2А).

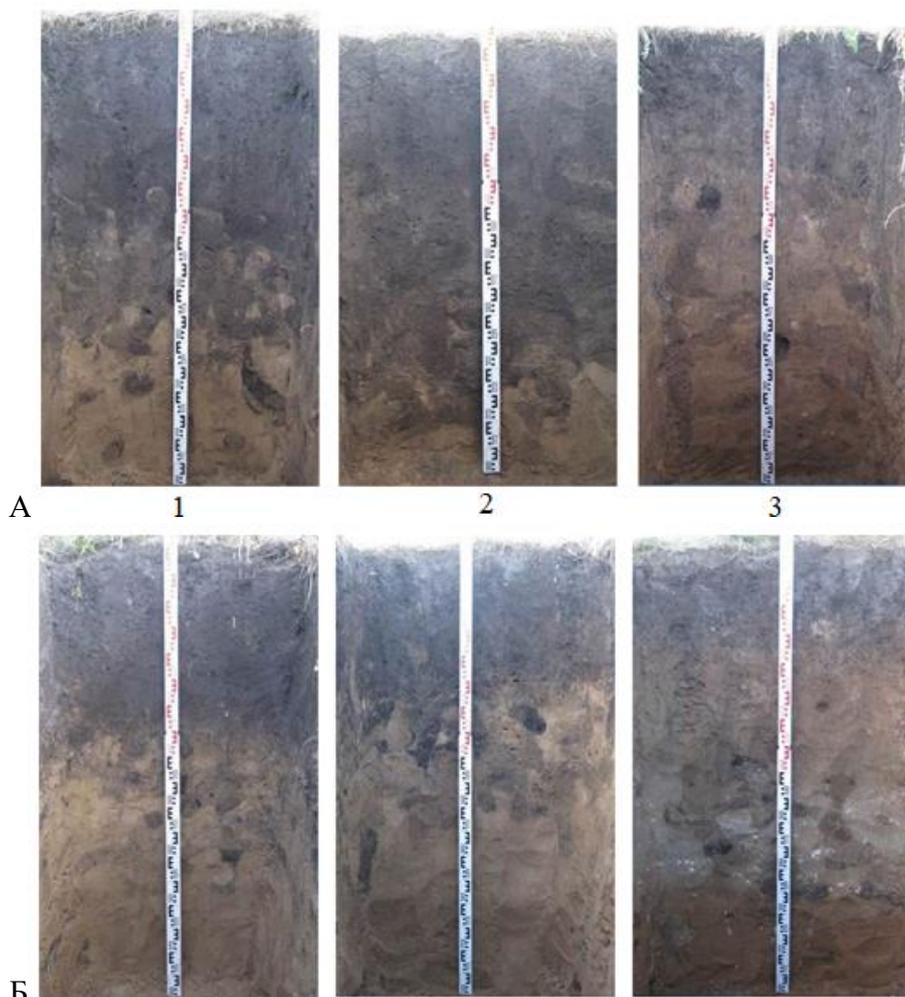


Рис. 2 - Фотографии почвенных профилей на фоновом участке Курасовка лугово-степного ландшафта северной (А) и южной (Б) экспозиций

В точке 2 на участке с крутизной поверхности 2-3° был изучен чернозем типичный; мощный, среднесуглинистый, на карбонатном среднем лёссовидном суглинке. Ширина водораздельного платообразного участка между боковыми бровками склонов увала – 30 м.

Следующий, самый нижний разрез на фоновом участке был заложен на поверхности крутизной 5-6°. Поверхность почвы покрыта степным войлоком. Почва - чернозем типичный карбонатный маломощный, среднесуглинистый на карбонатном среднем лёссовидном суглинке.

Разрезы на фоновом участке Курасовка южной экспозиции представляют собой аналоги северной экспозиции по морфологическим характеристикам склона (рис. 2Б).

Разрез 1. Водораздельная поверхность с крутизной около 1°. На поверхности почвы 0+4 см – ветошь из стеблей и листьев травянистых растений, рыхлая, сухая, покрывает 80-90% площади поверхности почвы, возраст 4-х летний, местами стебли растений обуглены. Почва: Чернозём типичный, среднемощный, близкий к мощному, среднесуглинистый, на маломощном среднем карбонатном лёссовидном суглинке.

Разрез 2. Точка на нераспахиваемом склоне юго-восточной экспозиции, крутизной менее 20. Частые свежие выбросы слепышей. Войлок +3 см, сухой, преимущественно из типчака, покрытие поверхности почвы – около 60%. Почва: чернозем типичный, среднемощный, среднесуглинистый, на среднем карбонатном лёссовидном суглинке.

Разрез 3 заложен на склоне с крутизной поверхности – 5-6°. Фрагментарное вскипание по слепышинам начинается с глубины 72 см, сплошное – с глубины 86 см, бурное – в слое 96-135 см, глубже вскипание ослабевает. С глубины 155 см вскипание становится фрагментарным и слабым. Почва – чернозем выщелоченный, маломощный, грунтово-глееватый, на тяжелом покровном карбонатном суглинке, подстилаемом оглеенными пестроцветными опесчаненными тяжелыми суглинками.

Результаты исследований. В радиальное распределение гранулометрического состава вносит вклад исходная неоднородность почвообразующих пород. На фоновых участках с глубиной обнаруживается постепенное утяжеление за счёт роста доли илистой фракции, что может быть обусловлено наличием легкоглинистых подстилающих пород, сменяющихся ближе к поверхности менее тяжёлыми бурыми карбонатными суглинками.

Гранулометрический состав на участке с пахотными почвами однороден по вертикальному профилю почв. На этом фоне заметны процессы передвижения илистых фракций в верхней части профиля, возникающие из-за агролессыважа. Так, усреднённые значения содержания ила по склоновым профилям пашни 240-летнего возраста позволяют выявить локальный максимум ила, приуроченный к подпахотному горизонту (рис. 3), что свидетельствует о действии вышеуказанного процесса. Данный процесс обнаружен на склонах как северной, так и южной экспозиций.

Для пашни 120-летнего возраста локальный подпахотный максимум илистой фракции статистически не выражен. Вероятно, для проявления результатов процесса партлювазии (лессиважа) на пашнях необходим более длительный срок.

В латеральном распределении илистой фракции, содержащейся в пахотном горизонте, обнаруживается существенное увеличение её доли в нижних частях почвенных катен 120-летней пашни.

Для 240-летней пашни латеральные колебания илистой фракции менее заметны. На латеральное распределение илистой фракции (и изменение в целом гранулометрического состава) могут оказывать эрозивно-аккумулятивные процессы, в случае неравномерного радиального распределения фракций. Если нижние слои почвы обогащены илистой фракцией, то интенсивный смыв будет приводить к повышению её содержания в пахотном горизонте, и наоборот.

В случае изученных пашен была обнаружена обратная зависимость для склонов на 120-летней пашне, а именно факт увеличения процентного содержания илистой фракции на глубине не приводит к увеличению тех же фракций в припахотном слое.

В почвенных разрезах, изученных катен, нами были выявлены многочисленные слепышины и ходы землероев. Особенно много их было выявлено на глубине до одного метра, что часто отражается также и в минимуме плотности почвы на этой глубине. Средняя площадь, занятая слепышинами на стенках усредненного разреза составляет 80-90% на 120-летней пашне и 70-80% на 240-летней. При чем, в почвах фоновых катен слепыш оставил не так много следов, чем на пашнях (рис. 4). По усредненной характеристике всего на фоне слепышинами было занято 30-40% стенок почвенных разрезов.

На 120-летней и на 240-летней пашнях (рис. 4-6), нами была выявлена ярусность в распространении ходов слепыша. Верхний, менее представительный ярус, доходит до глубины 50 см. Здесь отмечено минимальное число ходов слепыша, что, в числе других причин, может быть связано с трудностью идентификации ходов землероев в темно-серой гомогенной толще гумусовых горизонтов. Только в середине склона северной экспозиции на старовозрастной пашне в данном слое отчетливо выделяются выбросы слепыша. Второй ярус нами был отмечен на глубине 50-60 см, где слепыш проявляет наибольшую активность.

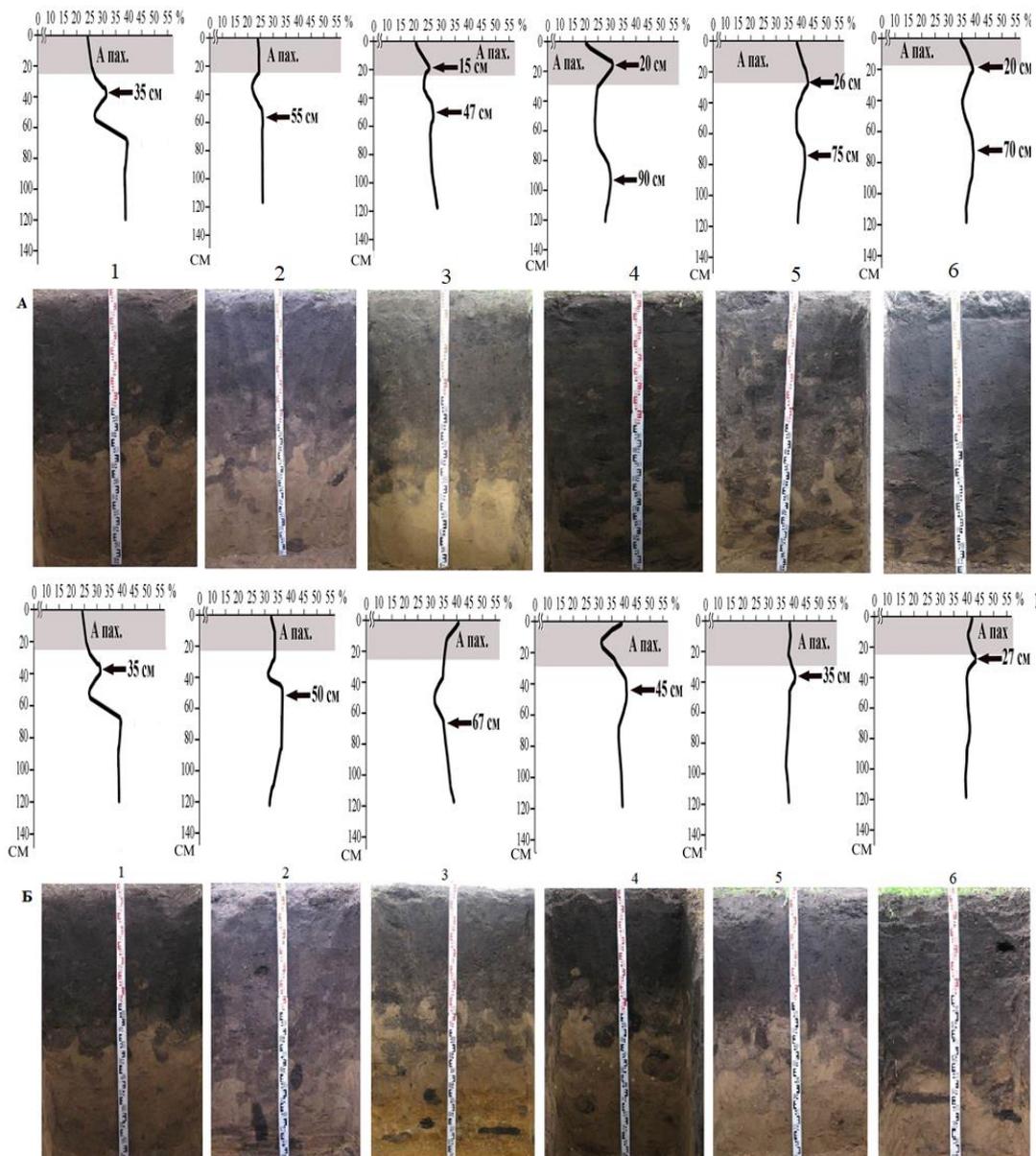


Рис. 3 - Содержание ила в профилях почв катен северной (А) и южной (Б) экспозиций 120-летней пашни (Курасовка)

Именно на этой глубине он ведет основную свою жизнедеятельность, а также на этой глубине легче идентифицировать слепышины, так как иных воздействий на почву, которые могли бы помешать ее определить очень мало. Здесь ходы намного отчётливее и многочисленнее чем на подповерхностном слое почвы 0-50 см.

Обсуждение. В гранулометрическом составе разновозрастных пахотных почв сильно преобладает илистая фракция. Так на фоновом участке на глубине более 60 см она доходит до 50% от содержания всех выделяемых фракций. Рост доли ила наблюдается также до глубин 160 и даже 200 см, что не может объясняться только изменением профильного характера показателя, обусловленного среди других причин, иллювируанием ила. Возможно, в исследуемых почвах влияние на гранулометрический состав оказывает также почвообразующая порода, в составе которой в большой степени присутствуют ил и пылеватая фракция. При этом, в лесу наблюдается более закономерная (с постепенным градиентом роста) картина распределения ила по профилю почв, чем на распаханых катенах.

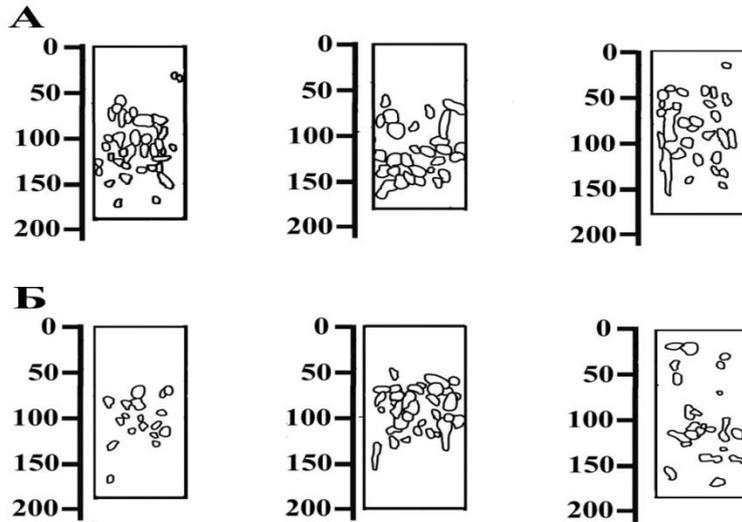


Рис. 4 - Выделенные на передних стенках почвенных разрезов фоновых катен слепышины:
А - северная экспозиция, Б - южная экспозиция

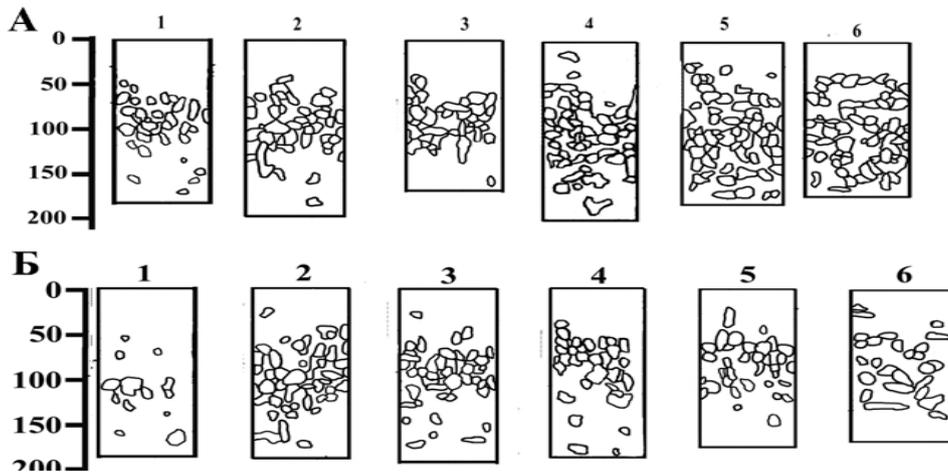


Рис. 5 - Выделенные слепышины на передних стенках почвенных разрезов катен 120-летней пашни:
А - северная экспозиция, Б - южная экспозиция

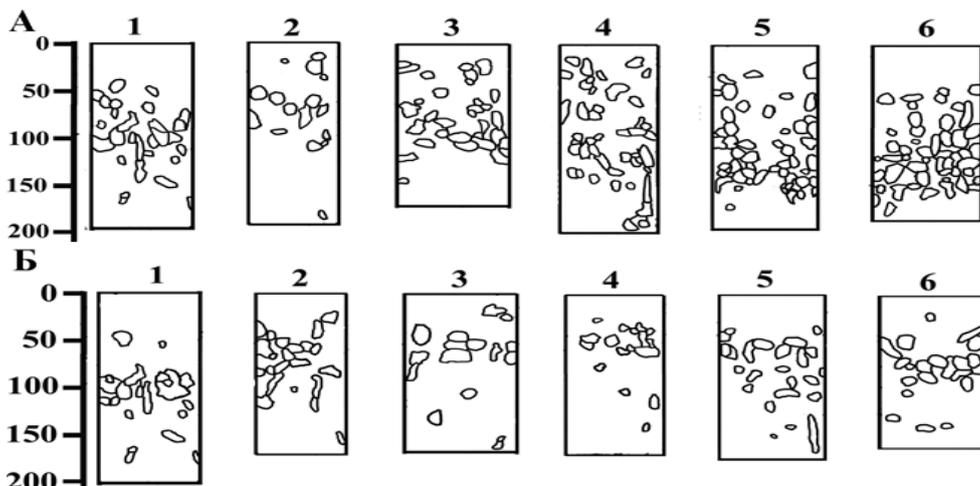


Рис. 6 - Выделенные слепышины на передних стенках почвенных разрезов катен 240-летней пашни:
А - северная экспозиция, Б - южная экспозиция

Радиальное распределение отдельных гранулометрических фракций обнаруживает зависимость от типа землепользования и длительности распашки. Она приводит к сглаживанию радиальной дифференциации гранулометрического состава; в частности, повышается количество илистых частиц в пахотном горизонте за счёт гомогенизации верхних опесчанен-

ных подгоризонтов с нижележащими, менее обеднёнными илом. В почвах пашни 240-летнего возраста выравнивание профильного распределения ила ещё более заметно. В последнем случае сильно выражена пространственная неоднородность гранулометрического состава, вероятно, связанная с усилением влияния зоогенной переработки почвенных профилей (слепышами) (рис.7).

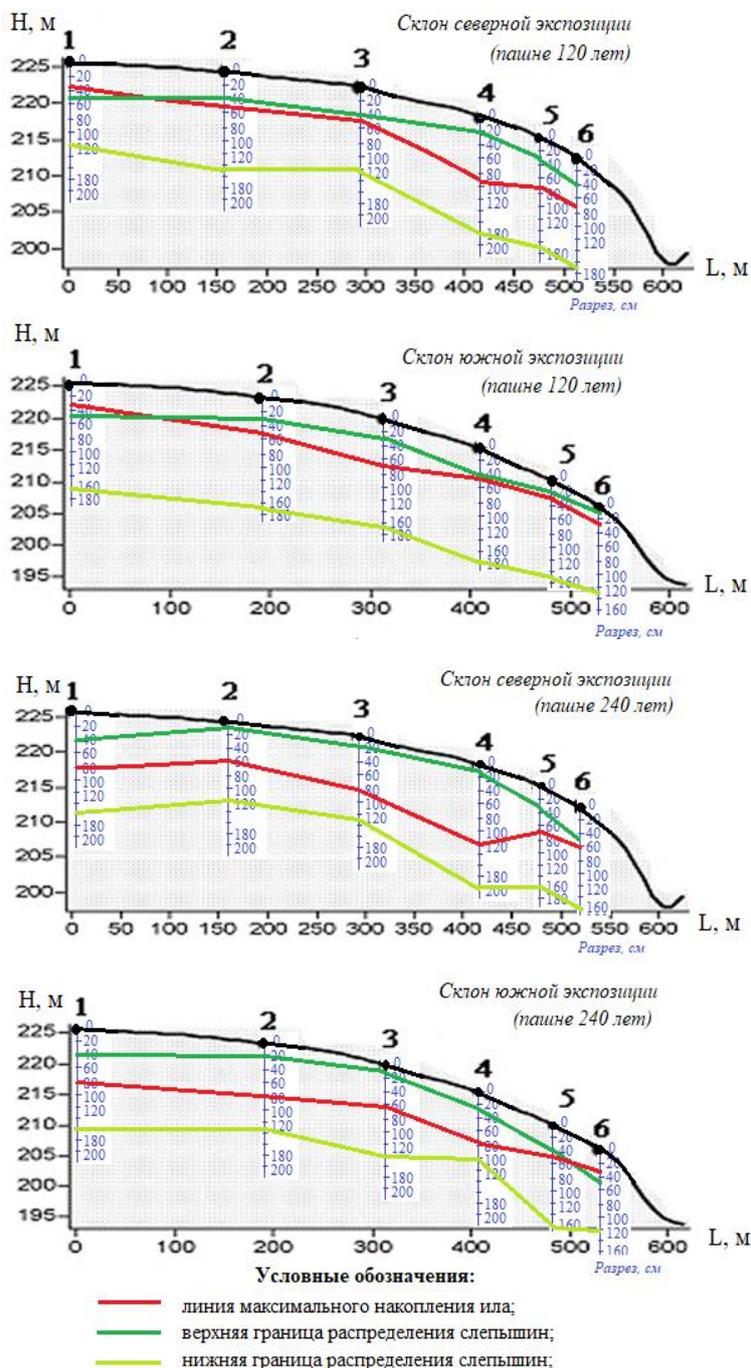


Рис. 7 - Закономерность распределения ила и слепышин с учётом рельефа на 120-летней и 240-летней пашне

Заключение. Гранулометрический состав почв участка исследований легкоглинистый (57% образцов) и тяжелосуглинистый (41% образцов).

Среди фракций в усреднённом случае преобладает илистая (35%) и крупнопылеватая (35%), в меньших количествах встречается тонкая (15%) и средняя (10%) пыль. Почвы фонового участка южной экспозиции отличаются повышенным содержанием мелкого песка, остальные участки близки по соотношению фракций.

Также на исследуемом участке было отмечено большое количество слепышин. Было отмечено, что слепышины чаще встречаются в почвах катен склонов северной экспозиции – как 120-летней, так и 240-летней пашен. Мы это объясняем более благоприятной кормовой базой корневых систем растений, формирующейся на склонах северных экспозиций, которые более увлажнены. При этом процент покрытия разреза слепышинами чрезвычайно высок именно в нижних частях склонов данных катен, которые получают максимальное количество влаги.

Библиография

1. Александровский, А.Л. Эволюция почв и географическая среда / А.Л. Александровский, Е.И. Александровская. – М. : Наука, 2005. – 223 с.
2. Акинчин А.В., Левшаков Л.В., Линков С.А., Ким В.В., Горбунов В.В. Информационные технологии в системе точного земледелия. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. – № 9. – С. 16-21.
3. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Гедройц К.К. Почвенные поглащённые катионы и физические свойства почвы // Журнал прикладной химии. 1929. Т. 2. № 3-4. – С. 16-24.
5. Жуков А.В., Коновалова Т.М. Пространственная изменчивость электропроводности почвы под воздействием роющей активности слепышей на различных масштабных уровнях // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Медицина. 2011. Т. 2. № 2. – С. 33-40.
6. Жуков А.В., Кунах О.Н., Коновалова Т.М. Ландшафтный аспект экологической ниши слепышей (*Spalax microphthalmus guldenstaedt* 1770). Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета им. Богдана Хмельницкого. 2011. № 3. – С. 13-27.
7. Иванов, И.В. Эволюция лесостепи и черноземной степи Центральной области / И.В. Иванов, Ю.Г. Чендев // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. М. : ГЕОС, 2015. – Гл. 13. – С. 456-469.
8. Козловский, Ф.И. Теория и методы изучения почвенного покрова / Ф.И. Козловский. – М. : ГЕОС, 2003. – 398 с.
9. Kotlyarova E., Grisina V., Litsukov S., Stupakov A. The balance of organic matter and soil nutrients, depending on fertilization level of soybean varieties // E3S web of Conferences. Ser. «International Scientific and Practical Conference «Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture, Current Issues, Achievements and Innovations», FABRA 2021». – 2021. – 254, 05006 (2021). – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125405006>.
10. Kotlyarova, E.G. Agrophysical properties of typical chernozem depending on its treatment and break crop / E.G. Kotlyarova, I.A. Kazanbekov, A.I. Titovskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness. 624 (2021) 012228 (Scopus & WoS) doi:10.1088/1755-1315/624/1/012228.
11. Kotlyarova, E.G. Humus State of Soils in the System of Landscape Agriculture in the Conditions of the Middle-Russian Upland, Russia / E.G. Kotlyarova, A.I. Titovskaia, A.V. Akinchin, M.N. Riazanov. – Modern Applied Science. – 2015. – Vol. 9. – No. 3. – pp. 80-90.
12. Линков С.А., Акинчин А.В., Донченко И.С., Попов А.А. Использование сервиса спутникового мониторинга "ВЕГА-SCIENCE" для оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур. Новости науки в АПК. 2018. – № 2-2 (11). – С. 16-19.
13. Линков С.А., Ширяев А.В., Акинчин А.В., Кузнецова Л.Н. Влияние систем обработки почвы на агрофизические свойства черноземов. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. – № 4 (24). – С. 211-219.
14. Пахомов А.Е., Коновалова Т.М., Жуков А.В. ГИС-подход к оценке изменчивости электропроводности почвы под влиянием педотурбационной активности слепыша (*Spalax microphthalmus*). // Вестник Днепрпетровского университета. Биология, экология. 2010. № 18-1. С. 58-66.
15. Пахомов А.Е. Влияние роющей деятельности крота на микрофлору почв пойменных дубрав степной зоны юго-востока УССР / А.Е. Пахомов, Г.И. Тырыгина // Млекопитающие. Тез. докл. III съезда Всесоюз. териол. о-ва. – М., 1982. – Т. 1. – С. 267-268.
16. Пахомов А.Е. О возможности использования роющей деятельности млекопитающих для целенаправленного формирования почвенной мезофауны на участках лесной рекультивации земель / А.Е. Пахомов, А.Ф. Пилипенко, В.Л. Булахов // Биогеоценоотические исследования лесов техногенных ландшафтов степной зоны Украины. – Д. : ДГУ, 1989. – С. 167-175.
17. Скрыбин, О.А. Структура почвенного покрова, методы ее изучения / О.А. Скрыбин – Пермь : ПГСХА, 2007. – 207-209 с.
18. Чендев, Ю.Г. Этапы и тренды техногенной трансформации почвенного покрова Центральной лесостепи (Белгородская области) / Ю.Г. Чендев, А.Н. Геннадиев // Вестник Московского университета. География. – 1993. – № 5. – С. 30-39.

19. Чендев, Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене / Ю.Г. Чендев. – М. : GEOS, 2008. – 174 с.

20. Чендев, Ю.Г. Распределение органического вещества в почвах катен лесостепи разных сроков земледельческого освоения / Ю.Г. Чендев, А.Н. Геннадиев, А.П. Жидкин, Т.С. Кошовский, И.Ю. Вагурин, Е.А. Заздравных. – Белгород, 2017. – С. 274-280.

References

1. Alexandrovsky, A.L. Soil evolution and geographical environment / A.L. Alexandrovsky, E.I. Alexandrovskaya. - M.: Science, 2005. – 223 pp.
2. Akinchin A.V., Levshakov L.V., Linkov S.A., Kim V.V., Gorbunov V.V. Information technologies in the precision farming system. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2017. – № 9. – P. 16-21.
3. Vadyunina A.F. Methods of studying the physical properties of soils / A.F. Vadyunin, Z.A. Korchagin. – M.: Agropromizdat, 1986. – 416 pp.
4. Gedroits K.K. Soil glossed cations and physical properties of soil // Journal of Applied Chemistry. 1929. T. 2. № 3-4. – P. 16-24.
5. Zhukov A.V., Konovalova T.M. Spatial variability in the electrical conductivity of the soil under the influence of the roaring activity of blind people at various large-scale levels // Vnitsnik Dnipropetrovsk University. Biologia. Medicine. 2011. T. 2. № 2. – P. 33-40.
6. Zhukov A.V., Kunakh O.N., Konovalova T.M. Landscape aspect of the ecological niche of blind people (*Spalax microphthalmus guldenstaedt* 1770). Biological bulletin of Melitopol State Pedagogical University named after Bogdan Khmelnytsky. 2011. № 3. – P. 13-27.
7. Ivanov, I.V. Evolution of the forest-steppe and black-earth steppe of the Central Region / I.V. Ivanov, Yu.G. Chendev // Evolution of soils and soil cover Theory, diversity of natural evolution and anthropogenic transformations of soils. M. : GEOS, 2015. – Ch. 13. – P. 456-469.
8. Kozlovsky, F.I. Theory and methods of studying soil cover / F.I. Kozlovsky. – M. : GEOS, 2003. – 398 pp.
9. Kotlyarova E., Grisina V., Litsukov S., Stupakov A. The balance of organic matter and soil nutrients, depending on fertilization level of soybean varieties // E3S web of Conferences. Ser. «International Scientific and Practical Conference «Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture, Current Issues, Achievements and Innovations», FABRA 2021». – 2021. – 254, 05006 (2021). – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125405006>.
10. Kotlyarova, E.G. Agrophysical properties of typical chernozem depending on its treatment and break crop / E.G. Kotlyarova, I.A. Kazanbekov, A.I. Titovskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness. 624 (2021) 012228 (Scopus & WoS) doi:10.1088/1755-1315/624/1/012228.
11. Kotlyarova, E.G. Humus State of Soils in the System of Landscape Agriculture in the Conditions of the Middle-Russian Upland, Russia / E.G. Kotlyarova, A.I. Titovskaia, A.V. Akinchin, M.N. Riazanov. – Modern Applied Science. – 2015. – Vol. 9. – No. 3. – pp. 80-90.
12. Linkov S.A., Akinchin A.V., Donchenko I.S., Popov A.A. Using the satellite monitoring service VEGA-SCIENCE to assess the state of crops. News of science in the agro-industrial complex. 2018. – № 2-2 (11). – P. 16-19.
13. Linkov S.A., Shiryayev A.V., Akinchin A.V., Kuznetsova L.N. Influence of soil treatment systems on the agrophysical properties of chernozems. Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2019. – № 4 (24). – P. 211-219.
14. Pakhomov A.E., Konovalova T.M., Zhukov A.V. GIS-approach to assessing the variability of soil electroconductivity under the influence of pedoturbation activity of the blind (*Spalax microphthalmus*). Bulletin of the Dnipropetrovsk University. Biology, ecology. 2010. № 18-1. P. 58-66.
15. Pakhomov A.E. The influence of the roaring activity of the mole on the microflora of floodplain oak soils of the steppe zone of the southeast of the Ukrainian SSR / A.E. Pakhomov, G.I. Tyrygin // Mammals. Tez. dock. W Congress of the All-Union. teriol. Oh, oh. – M., 1982. – T. 1. – P. 267-268.
16. Pakhomov A.E. On the possibility of using mammalian swarming activities for the purposeful formation of soil mesofauna in areas of forest land reclamation / A.E. Pakhomov, A.F. Pilipenko, V.L. Bulakhov // Biogeocenotic studies of forests of man-made landscapes of the steppe zone of Ukraine. – D. : DSU, 1989. – P. 167-175.
17. Scriabin, O.A. Structure of soil cover, methods of its study / O.A. Scriabin – Perm : PGSHA, 2007 – 207-209 p.
18. Chendev, Yu.G. Stages and trends of technogenic transformation of the soil cover of the Central forest-steppe (Belgorod region) / Yu.G. Chendev, A.N. Gennadiyev // Bulletin of Moscow University. Geography. – 1993. – № 5. – P. 30-39.
19. Chendev, Yu.G. Evolution of forest-steppe soils of the Central Russian Upland in the Holocene / Yu.G. Chendev. – M. : GEOS, 2008. – 174 p.
20. Chendev, Yu.G. Distribution of organic matter in soils of catens of forest-steppe of different terms of agricultural development / Yu.G. Chendev, A.N. Gennadiyev, A.P. Zhidkin, T.S. Koshovsky, I.Yu. Vagurin, E.A. Zazdravnykh. – Belgorod, 2017. – P. 274-280.

Сведения об авторах

Ковалёва Елена Владимировна, кандидат географических наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова,

д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-23-96, e-mail: ele-serikova@yandex.ru

Вагурин Иван Юрьевич, преподаватель-исследователь кафедры природопользования и земельного кадастра НИУ «БелГУ», г. Белгород, ул. Победы, 85, Белгородская область, Россия, 308015, тел. +79606305399, e-mail: mister.smasher@yandex.ru

Лопачёв Николай Андреевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Земледелия, агрохимии и агропочвоведения», ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, 69, г. Орёл, Россия, 302019, тел.: +7 (4862) 43-69-98, E-mail: lopachev.nikolai@yandex.ru

Кузьмина Ольга Сергеевна, преподаватель кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-23-96, e-mail: osk9592@mail.ru

Степанова Вера Игоревна, руководитель картографической группы Института биологического приборостроения с опытным производством РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федерального исследовательского центра «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (ИБП РАН)», 142290, г. Пушкино, Московская обл., тел.: (4967) 73-04-78, (495) 924-57-49, E-mail: ibp@ibp-ran.ru

Information about authors

Kovalyova Elena Vladimirovna, candidate of geographical sciences, dozent of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, FSBOU VO Belgorod GAU, st. Vavilova, d.1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. + 74722 39-23-96, e-mail: ele-serikova@yandex.ru

Vagurin Ivan Yuryevich, lecturer-researcher of the Department of Nature Management and Land Cadastre of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod National Research University», Belgorod, Pobeda St., 85, Belgorod Region, Russia, 308015, tel. +79606305399, e-mail: mister.smasher@yandex.ru

Lopachev Nikolai Andreevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry and Agrochemistry, FSBOU VO Oryol GAU named after N.V. Parakhin, ul. General Rodina, 69, Oryol, Russia, 302019, tel.: +7 (4862) 43-69-98, E-mail: lopachev.nikolai@yandex.ru

Kuzmina Olga Sergeevna, teacher of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, FSBOU VO Belgorod GAU, st. Vavilova, d.1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. + 74722 39-23-96, e-mail: osk9592@mail.ru

Stepanova Vera Igorevna, head of the mapping group of the Institute of Biological Instrumentation with experimental production of the Russian Academy of Sciences - a separate division of the Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center" Pushchinsky Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences "(UPS RAS)," 142290, Pushchino, Moscow Region, tel.: (4967) 73-04-78, (495) 924-57-49, e-mail: ibp@ibp-ran.ru

УДК 631.8

Л.В. Левшаков, М.А. Пятаков

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВЫХ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК ВОДОРАСТВОРИМЫМИ УДОБРЕНИЯМИ И СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТА В АГРОПЕДОЦЕНОЗАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Аннотация. В яблоневом саду «суперинтенсивного» типа в первый год после закладки проведены практические исследования по эффективности некорневых подкормок специальными водорастворимыми удобрениями, стимуляторами корнеобразования и регуляторами роста. Испытывались две системы некорневых подкормок: с максимальным насыщением количества обработок удобрениями импортного производства и сбалансированная с использованием агрохимикатов преимущественно отечественного производства. Системы некорневых листовых подкормок планировались из наиболее технологичных агрохимикатов отечественного и зарубежного производства. Главной задачей проведения исследований ставилось в максимальной степени активизировать ростовые процессы для формирования первого товарного урожая на второй год после закладки сада. Применяемые приёмы предпосадочной подготовки саженцев с применением стимуляторов роста и корнеобразования показали их высокую эффективность и 100% приживаемость высаженных деревьев. Применение предпосадочной подготовки саженцев обеспечивает ускорение протекания вегетативных фаз развития на 2-3 дня по сравнению с контролем. Применение некорневых подкормок минеральными удобрениями с микроэлементами и стимуляторами роста и корнеобразования в значительной степени активизирует интенсивность протекания ростовых процессов и закладку плодовых почек. Интенсивность ростовых процессов исследовали по динамике нарастания центрального проводника и молодых боковых побегов. По сравнению с контролем интенсивность прироста центрального проводника и однолетних боковых побегов увеличивается в среднем от 23 и до 41% по вариантам проведения исследований. Прирост центрального проводника по сравнению с контролем при проведении некорневых подкормок в зависимости от сорта увеличился от 6,5 и 16,1 см. Длина боковых побегов увеличилась соответственно от 6,0 и 14,1 см по сравнению с контролем. Количество заложённых плодовых почек по сравнению с контролем увеличилось от 40 и до 58%. Применение некорневых листовых подкормок специальными удобрениями и стимуляторами роста в значительной степени способствует получению первого товарного урожая на второй год после закладки яблоневых садов «суперинтенсивного» типа.

Ключевые слова: сад «суперинтенсивного» типа, сорта яблони, некорневые подкормки, водорастворимые удобрения, микроэлементы, стимуляторы роста и корнеобразования.

THE EFFECTIVENESS OF FOLIAR FOLIAR FERTILIZING WITH WATER-SOLUBLE FERTILIZERS AND GROWTH STIMULANTS IN AGROPEDOCENOSSES OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Abstract. In the apple orchard of the "super-intensive" type, in the first year after the laying, practical studies were conducted on the effectiveness of non-root fertilizing with special water-soluble fertilizers, root formation stimulators and growth regulators. Two systems of foliar top dressing were tested: with maximum saturation of the number of treatments with fertilizers of imported production and balanced with the use of agrochemicals mainly of domestic production. Systems of non-root leaf fertilizing were planned from the most technologically advanced agrochemicals of domestic and foreign production. The main task of the research was to maximize the activation of growth processes for the formation of the first commercial harvest in the second year after the laying of the garden. The applied methods of pre-planting preparation of seedlings with the use of growth stimulators and root formation have shown their high efficiency and 100% survival rate of planted trees. The use of pre-planting preparation of seedlings provides acceleration of the vegetative phases of development for 2-3 days compared to the control. The use of foliar fertilizing with mineral fertilizers with trace elements and growth and root formation stimulants significantly activates the intensity of growth processes and the laying of fruit buds. The intensity of growth processes was studied by the dynamics of the growth of the central conductor and young lateral shoots. Compared with the control, the intensity of growth of the central conductor and annual lateral shoots increases on average from 23 to 41% according to the research options. The growth of the central conductor in comparison with the control during foliar fertilizing, depending on the variety, increased from 6.5 and 16.1 cm. The length of the lateral shoots increased from 6.0 and 14.1 cm, respectively, compared with the control. The number of planted fruit buds increased from 40% to 58% compared to the control. The use of foliar fertilizing with special fertilizers and growth stimulants greatly contributes to obtaining the first commercial harvest in the second year after the laying of the apple orchard of the "super intensive" type.

Keywords: garden of "super intensive" type, apple varieties, non-root feedings, water-soluble fertilizers, trace elements, growth stimulators and root formation.

Введение. Для повышения продуктивности и экологической стабильности агропедоценозов Центрального Черноземья необходимо применение современных ресурсосберегающих технологий, комплексных систем удобрения с учётом особенностей возделываемой культуры и свойств почв [1, 2]. В последние годы в нашей стране всё более активно закладываются современные высокотехнологичные сады для получения высококачественной плодово-ягодной продукции. Они требуют больших материальных и финансовых вложений на единицу площади [3,4]. В настоящее время стоимость закладки интенсивного яблоневого сада изменяется в пределах от 2 и до 4 млн. руб. Поэтому практически все технологические приёмы направлены на ускорение вступления сада в товарное плодоношение и максимально быструю окупаемость вложенных средств. Их можно характеризовать как сады «суперинтенсивного» типа [5,6]. Для закладки яблоневых садов такого типа необходимо использовать высококачественный посадочный материал категории «кронированная двухлетка 7+, высокую плотность посадки – не менее 4 тыс. деревьев на 1 га с обязательным использованием шпалеры, капельного полива и фертигации [3,7]. При проектировании таких садов необходимо отразить и реализовать все аспекты, позволяющие в максимально короткий период времени обеспечить выход на запланированный уровень продуктивности [3,8]. Реализация всей технологической цепи при проектировании и реализации вышеперечисленных основных приёмов позволит получить высокорентабельный и экономически перспективный яблоневый сад «суперинтенсивного» типа [5]. При закладке садов такого типа обязательно проведение предпосадочной подготовки саженцев, чтобы добиться практически 100-% приживаемости высококачественного и дорогостоящего посадочного материала. Для этого наиболее перспективно применение современных стимуляторов корнеобразования и роста растений [6]. В первый год после закладки сада необходимо создать все условия, обеспечивающие стабильный прирост плодовой однолетней древесины и закладку генеративных почек для получения первого товарного урожая уже на 2-й год после закладки сада. Для этого необходимо спланировать и эффективно реализовывать комплексную систему удобрения яблоневого сада, которая включает в себя основное удобрение, вносимое в почву до закладки сада, внесение водорастворимых удобрений с поливной водой (фертигация) и некорневые, листовые подкормки в период вегетации [9,10]. В последнее время в современных садах всё более широко используются листовые подкормки, которые как правило совмещаются с внесением средств защиты растений, обеспечивающее их малозатратное внесение. Наиболее эффективно при некорневых подкормках внесение специальных микроэлементных удобрений и стимуляторов роста [5, 6]. Они в значительной степени активизируют интенсивность протекания всех физиологических процессов в молодых деревьях яблони, усиливают усвоение макро и мезоэлементов из почвы и удобрений [11,12]. Применение листовых подкормок специальными микроэлементными удобрениями и стимуляторами роста является обязательным приёмом в молодых интенсивных яблоневых садах.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлось определение практической эффективности применения водорастворимых минеральных удобрений и стимуляторов роста и корнеобразования отечественного и зарубежного производства по листовой поверхности в яблоневых садах «суперинтенсивного» типа в первый год после закладки. Основными задачами проведения исследований являлись определение влияния водорастворимых минеральных удобрений и стимуляторов роста и корнеобразования на приживаемость саженцев и ростовую активность деревьев яблони в первый год после закладки.

Материалы и методы. Практические исследования по оптимизации системы удобрения яблоневого сада «суперинтенсивного» типа в год закладки проводили в коллекционном саду Курской ГСХА. Исследования по изучению эффективности применения отечественных удобрений и стимуляторов роста, представляемых ООО «Агростиль» и препаратов зарубежного производства, представляемых ООО «СуперАгро» проводили с апреля по октябрь 2020-2021 гг. Дополнительные исследования проводились на базовой кафедре в ООО «Зоринский сад». Применяемая опора шпалера, капельный полив с фертигацией. В апреле - мае проводи-

ли высадку саженцев яблони в сад «суперинтенсивного» типа. Высаживались саженцы 2-х летки категории 7+. Схема размещения деревьев 3,2x0,8 метра, плотность посадки 3900 шт/га. При посадке саженцев яблони проводилась предпосадочная обработка корневой системы деревьев выдерживанием в водном растворе стимуляторов корнеобразования и роста растений. На рисунке 1 представлен рабочий момент предпосадочной обработки саженцев перед высадкой.



Рис. 1 - Предпосадочная обработка саженцев перед высадкой в сад

Сорта для проведения исследований: Гала Шнико Ред, Голден Рейнджерс, Бребурн.

Схема проведения полевых опытов:

1. Контроль, без проведения некорневых подкормок;
2. Система интенсивных некорневых подкормок минеральными удобрениями и стимуляторами роста компанией Ikar, Biolchim ICL, Fertilizers, Atlantica Agricola, Quimicas Meristem S.L. 11 раз в течение периода вегетации, представляемых ООО «СуперАгро» - система «СуперАгро»;
3. Система некорневых подкормок минеральными удобрениями и стимуляторами роста отечественного производства, представляемых компанией ООО «Агростиль» - система «Агростиль».

Таблица 1 - Система некорневых подкормок «Агростиль», 2020-2021 гг.

№ п/п	Фаза развития	Удобрение, стимулятор роста	Норма расхода мл, гр/на 10 л
1	Предпосадочная обработка саженцев	Вигор Форте, замачивание 20 часов	
2	Перед началом сокодвижения	Аммиачная селитра, под корень	25 г/дерево
3	Конец цветения (опадение лепестков 75%)	Вигор Форте Агровин Универсал NPK 20/20/20	50г/га 1 кг/га 1кг/га
4	Рост завязи	Агровин Универсал Агровин Са NPK 20/20/20	1,5 кг/га, 500г/га 2 кг/га
5	Плод «грецкий орех»	Агровин Универсал Агровин Са	2 кг/га, 700г/га
6	Рост и налив плодов	NPK 20/20/20	2кг/га
7	Рост и налив плодов	Кальциевая селитра (под корень) NPK 0-15-45	55 г/дерево 4 кг/га
8	После уборки урожая (конец сентября)	NPK 0-15-45 Агровин Mg, Zn, B	2 кг/га 300 гр/га

Специальные минеральные удобрения и стимуляторы роста по листовой поверхности вносились ранцевым бензоопрыскивателем «Oleo-Mac». Норма внесения рабочей жидкости 500 л/га. Для борьбы с болезнями и вредителями применялась система защиты, принятая в ООО «Зоринский сад». Почвенные образцы отбирались в начале периода вегетации (фаза розовый бутон) и в фазу наиболее активного налива плодов – в конце июля. В пробах почвы анализировались агрохимические показатели по общепринятым методикам, а также валовые и подвижные формы микроэлементов.

Методика проведения исследований общепринятая на основе «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, (1999)» [13]. Для определения интенсивности годового прироста использовали рулетку и измерительную рейку высотой 2,5 метра. Для диагностики содержания элементов проводили отбор и анализ листьев яблони в фазу начало созревания плодов для определения макро, мезо и микроэлементов. Определение проводили по ГОСТ 30692-2000 в лаборатории станции агрохимической службы «Курская».

Результаты. Почвенный покров коллекционного сада представлен урбанизированными тёмно-серыми лесными почвами. Основные усреднённые агрохимические показатели участка сада за 2-х летний период исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Агрохимическая характеристика почвы коллекционного сада Курской ГСХА в период вегетации, слой 0 – 40 см, 2020-2021 гг.

Яблоневый сад вначале вегетации, май 2020, 2021 гг.						
Гумус, (орг. в-во)	pH	H _r , моль/100 г	S, мг-экв/100 г	P ₂ O ₅ подв.	K ₂ O обмен.	N щелочно гидр
3,3	6,15	1,77	22,4	235,0	215,0	72,0
Яблоневый сад, август 2020, 2021 г.г.						
3,3	6,2	1,65	24,5	222,0	192,0	64,5

Анализ агрохимических показателей плодородия тёмно-серой лесной почвы показывает, что почвы сада характеризуются низким содержанием органического вещества (гумуса), нейтральной величиной обменной кислотности (pH), невысокой гидролитической кислотностью, низким содержанием щёлочногидролизующего азота, высоким содержанием подвижных форм фосфор и калия. За 2 года исследований агрохимические показатели практически не изменились. Из данных агрохимических показателей исследуемой почвы следует практический вывод, что на этих почвах возможно продуктивное возделывание интенсивных яблоневых садов.

В период вегетации нами проводился мониторинг на содержание в почве приствольных полос подвижных форм мезо и микроэлементов. В таблице 3 представлены данные по содержанию мезо и микроэлементов в почве вначале вегетации и в период интенсивного роста и налива плодов яблони в 2020 и 2021 г.г. По содержанию подвижных форм мезо и микроэлементов можно отметить, что исследуемая тёмно-серая лесная почва имеет как правило, невысокое или среднее содержание большинства исследуемых элементов, за исключением бора.

Таблица 3 - Содержание подвижных форм мезо- и микроэлементов в тёмно-серой лесной почве, слой 0-40 см, 2020-2021 гг.

Яблоневый сад вначале вегетации, апрель-май								
Ca	Mg	Fe	S	B	Zn	Mn	Co	Cu
<u>19,67</u>	<u>2,75</u>	<u>2,95</u>	<u>4,2</u>	<u>1,9</u>	<u>3,4</u>	<u>2,89</u>	<u>0,35</u>	<u>0,11</u>
21,5	2,98	2,85	4,4	1,9	3,5	2,77	0,31	0,14
Яблоневый сад, август								
<u>18,3</u>	<u>2,66</u>	<u>2,81</u>	<u>3,9</u>	<u>1,86</u>	<u>3,05</u>	<u>2,91</u>	<u>0,28</u>	<u>0,12</u>
19,8	2,72	2,8	4,1	1,9	3,2	2,85	0,3	0,14

Примечание: числитель – 2020 г., знаменатель – 2021 г.

Содержание исследуемых элементов по годам исследований изменилось незначительно. К концу вегетационного периода содержание большинства элементов понижается, что связано с усвоением деревьями яблони и инфильтрацией при капельном поливе. Поэтому в период вегетации обязательно проведение дополнительных приёмов по внесению минеральных микроудобрений посредством некорневой подкормки и фертигации. Через листовую поверхность деревья яблони могут усваивать до 80-85% от общей потребности в микроэлементах. В яблоневых садах также обязательно внесение кальцийсодержащих удобрений.

Важное значение для роста и развития деревьев яблони имеют погодно-климатические условия. Наиболее важными показателями являются температура, количество и периодичность выпадающих осадков.

Таблица 4 - Погодно-климатические условия, Курская метеостанция, 2020-2021 гг.

Месяц	Температура, °С			Осадки, мм		
	2020 г.	2021 г.	Мн. норма	2020 г.	2021 г.	Мн. норма
Январь	-1,1	-4,7	-5,7	22,2	72,0	47,0
Февраль	-1,4	-8,4	-5,3	36,0	68,0	41,0
Март	4,0	-0,9	-0,4	18,1	12,0	45,0
Апрель	6,1	7,4	8,2	20,2	64,0	41,0
Май	11,9	14,6	14,7	74,1	91,6	56,0
Июнь	20,7	20,1	18,4	46,7	64,5	65,0
Июль	18,9	23,2	20,3	72,6	65,2	78,0
Август	18,1	22,0	19,4	11,8	39,5	47,0
Сентябрь	12,4	11,4	13,5	8	76,4	63,0
Октябрь	6,4	6,4	6,9	27	4,0	58,0

Погодно-климатические условия в год проведения исследований (2021 г.) характеризуется как близкими к среднестатистическим за все годы наблюдений. В зимний период январь – февраль отмечен низкими температурами, которые в отдельные даты в ночное время достигали минус 25⁰С. Количество осадков в зимние месяцы за январь-февраль составило в сумме 140 мм, что определило величину снежного покрова на уровне 38 см. Вегетационный период наступил с опозданием на одну неделю от среднемноголетних данных. Летний период отмечен обильными осадками в июне-июле месяце и повышенной температурой по сравнению со среднемноголетними показателями. В целом можно отметить вегетационный сезон 2021 года как относительно благоприятный для возделывания интенсивных яблоневых садов.

При закладке интенсивных яблоневых садов важное значение имеет приживаемость саженцев и активность роста в начальный период. С этой целью проводится предпосадочная подготовка саженцев перед высадкой в сад. Для этого саженцы выдерживались в водном растворе стимуляторов роста и корнеобразования, в контрольном варианте в чистой воде в течение 20 часов, во 2-м варианте применяли стимулятор корнеобразования Спринталга + Фульвумин, в 3-м варианте в воду добавлялся стимулятор роста Вигор Форте в нормах, рекомендованных производителями препаратов.

Применение предпосадочной обработки саженцев яблони оказало влияние на их приживаемость, рост и развитие в первый период после высадки в сад. Саженцы яблони перед высадкой в сад находились в холодильнике и поэтому для них требовалось определённое время для восстановления жизнедеятельности корневой системы, начала протекания биологических и физиологических процессов, чтобы наиболее эффективно проявилось действие соответствующего стимулятора. Высадка саженцев была проведена 6 апреля в 2020 году и 8 мая в 2021 году, что связано со значительной разницей в температурном режиме. В 2021 году их рост и развитие началось со значительной задержкой. В 2020 году пробуждение почек начали отмечать после 20 апреля, а в 2021 году только после 18 мая началось сокодвижение и постепенное пробуждение почек. В эти периоды никаких различий по вариантам проведе-

ния исследований в разрезе сортов не было отмечено. Фаза «начало цветения» в 2020 году началась с 5 мая, в 2021 году зафиксирована начиная с конца мая – начало июня.

На этот период усреднено по годам в контроле отмечено в среднем около 50% распустившихся цветков у сорта Gala Shniko Red и около 40% у сортов Golden Reinders и Breburn (рис. 2).



Рис. 2 - Фаза «начало цветения», Сорт Golden Reinders
1 - Контроль, 2 - Система «СуперАгро», 3 - Система «Агростиль»

На сортах Golden Reinders и Breburn в это время в вариантах 2, 3, где проводилась предпосадочная обработка саженцев стимуляторами роста и корнеобразования наблюдалось более активное развитие саженцев. Количество распустившихся цветков было на 15% больше по сравнению с контрольным вариантом. На сорте Gala Shniko Red наиболее активное развитие отмечено в варианте «СуперАгро». Количество распустившихся цветков было более 60%. В варианте «Агростиль» этот сорт был на уровне контроля, а по отдельным деревьям наблюдалось незначительное отставание в развитии. Это можно объяснить индивидуальной реакцией данного сорта на предпосадочную обработку стимулятором роста Вигор Форте. Далее в этом варианте наблюдались более активные процессы роста и развития по сравнению с контрольным вариантом. Приживаемость саженцев на контроле составила 97%, при проведении предпосадочной подготовки во 2 и 3 вариантах получена 100% приживаемость по годам исследований.

Первый анализ ростовой активности молодых деревьев яблони начали проводить с середины июня по величине прироста центрального проводника и боковых побегов. На рисунке 3 представлена информация о средней величине прироста центрального проводника и боковых побегов по вариантам опыта.

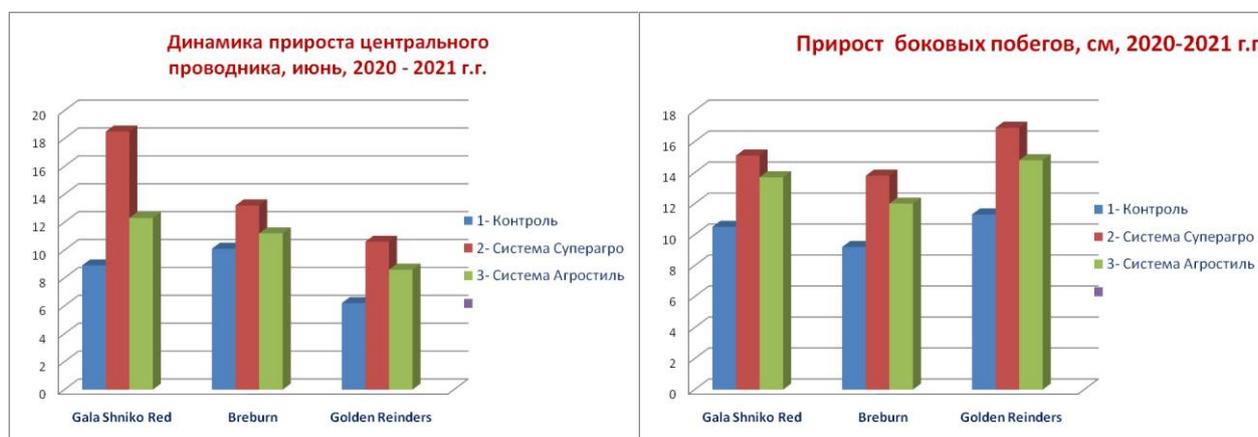


Рис. 3 - Прирост центрального проводника и боковых побегов по вариантам опыта, июнь 2020-2021 гг.

Следует отметить, что на середину июня была значительная разница по годам исследований. В 2020 году прирост в среднем по сортам на 20-25% превышал показатели 2021 года. Это связано с большой временной разницей высадки саженцев в сад. По величине прироста центрального проводника можно отметить, что наиболее интенсивно развивались саженцы яблони в варианте 2 – система «Суперагро». Прирост составил от 10,6 см на сорте Golden Reinders и до 18,5 см на сорте Gala Shniko Red. Совсем незначительно им уступала система подкормок 3 – ООО «Агростиль». На середину июня отмечено повышение ростовой активности центрального проводника при проведении листовых подкормок во 2 и 3-м вариантах. Аналогичные закономерности проявились и в приросте боковых побегов. Наиболее высокие показатели также в варианте «СуперАгро» – прирост по сортам составил от 5,7 см на Golden Reinders и до 12,5 см на сорте Gala Shniko Red. В 3-м варианте при применении системы «Агростиль» показатели прироста значительно превосходили контроль и немного уступали системе «СуперАгро».

Пик ростовой активности в деревьях яблони наступает в середине июля и в это время был сделан второй анализ ростовой активности, представленной на рисунке 4. Разница в ростовой активности по годам на этот период уже была значительно меньше и в 2020 году она была больше на 12-14%. Это отмечено на всех сортах, при этом более высокие усредненные показатели прироста по годам исследований также отмечены у сорта Gala Shniko Red. Максимальный прирост центрального проводника на этом сорте в варианте системы «Суперагро» во 2-м варианте составило 38,9 см, в 3-м варианте – система «Агростиль» 33 см и на контроле 25 см. На сортах Breburn и Golden Reinders приросты центрального проводника во 2-м варианте незначительно превышали 3-й вариант. На контроле без применения некорневых подкормок отмечен минимальный прирост центрального проводника.

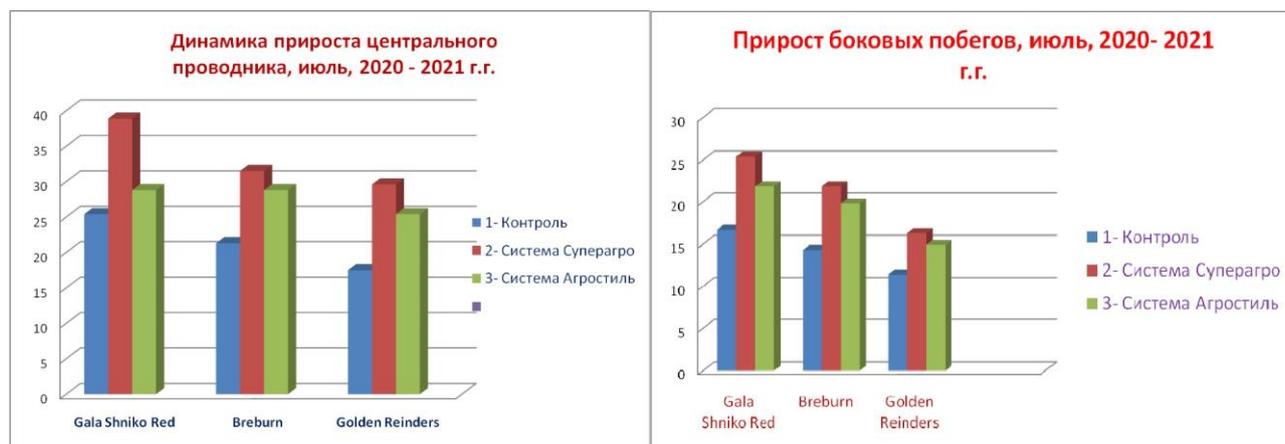


Рис. 4 - Прирост центрального проводника и боковых побегов по вариантам опыта, июль 2020-2021 гг.

К этому времени также усилился прирост боковых побегов по всем вариантам проведения исследований. По активности нарастания прироста боковых побегов здесь также доминирует сорт Gala Shniko Red – максимальный прирост в варианте «Суперагро» – 25 см, немного меньше в варианте «Агростиль» – 21,8 см и на контроле 16,7 см. Наиболее низкая ростовая активность прироста боковых побегов была у Golden Reinders по всем вариантам опыта, что можно связать с сортовыми особенностями. Закономерности прироста молодых побегов по вариантам опыта также сохранились. При этом следует отметить, что при проведении листовых подкормок большой разницы в интенсивности протекания ростовых процессов между 2-м и 3-м вариантами не выявлено.

Заключительное четвёртое исследование ростовой активности по вариантам опыта проводилось в конце вегетационного периода, вначале октября. Помимо вышеуказанных показателей, анализировались также высота деревьев яблони и количество заложённых плодовых почек по вариантам опыта. На рисунке 5 представлено состояние деревьев яблони сорта Gala Shniko Red по вариантам опыта на начало октября.



**Рис. 5 - Сорт Gala Shniko Red по вариантам опыта, октябрь 2021 г.
1 - Контроль, 2 - Система «СуперАгро», 3 - Система «Агростиль»**

К этому времени в деревьях яблони завершаются все ростовые процессы, в т.ч. процессы формирования коры и накопление питательных веществ в однолетних побегах. Для обеспечения формирования деревьев в саду «суперинтенсивного» типа как «стройное веретено» на боковых побегах, имеющих на саженцах в момент посадки были оставлены по одному яблоку для придания ветвям горизонтального положения. Этот технологический приём также способствует закладке на этих побегах плодовых почек и значительному уменьшения затрат при возделывании таких садов.

На рисунке 6 представлены данные о величине прироста центрального проводника и боковых побегов на момент завершения наблюдений. Максимальный прирост проводника у сорта Gala Shniko Red по всем вариантам опыта. Во 2-м варианте - система «СуперАгро» он составил 51,3 см, в 3-м с применением системы «Агростиль» 44,8 и на контроле 35,2 см. По сортам Golden Reinders и Breburn наибольший прирост также зафиксирован во 2-м варианте система «СуперАгро», а далее 3-й вариант системы «Агростиль», который по эффективности немного уступил системе ООО «Суперагро», но значительно превосходил контрольный вариант.

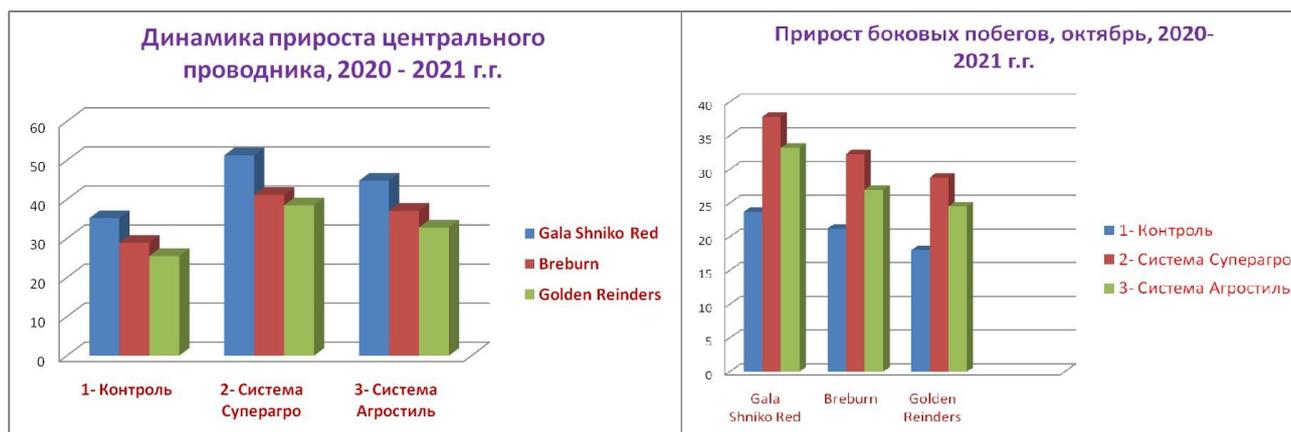


Рис. 6 - Прирост центрального проводника и боковых побегов по вариантам опыта, октябрь 2020-2021 гг.

Наибольший прирост боковых побегов на середину октября зафиксирован на сорте Gala Shniko Red по всем вариантам опыта. На контроле он составил 23,7 см, при использовании системы листовых подкормок «СуперАгро» во 2-м варианте прибавка составила 14,1 см и в среднем прирост составил 37,8 см и при использовании системы «Агростиль» в 3-м варианте прибавка была 9,5 см при среднем приросте 33,2 см. Закономерности прироста молодых побегов при использовании листовых подкормок также сохранились на сортах

Golden Reinders и Breburn. Применение некорневых листовых подкормок оказало значительное влияние на активность ростовых процессов по сравнению с контролем. В 2021 году на всех вариантах опыта прирост был в среднем меньше на 10% по сравнению с 2020 годом. Это объясняется сроками высадки саженцев в сад в весенний период.

Важным показателем для яблоневого сада «суперинтенсивного» типа в год закладки является конечная высота деревьев и количество заложённых плодовых почек. Обобщённые данные за 2-х летний период исследований представлены на рисунке 7. Наиболее высокий показатель высоты деревьев отмечен у сорта Gala Shniko Red по всем вариантам. Наибольшая средняя высота деревьев на этом сорте получена во втором варианте, система «Суперагро» – 241 см, прибавка к контролю 16 см, в 3-м варианте, система «Агростиль» – 235 см, прибавка к контролю 11 см и на контроле 224 см. Высота деревьев яблони в 2020 году на 10-14 см превышала показатели 2021 года в зависимости от сорта.



Рис. 7 - Высота деревьев яблони и количество плодовых почек по вариантам опыта, 14 октября 2021 г.

Такая существенная высота деревьев яблони в первый год после закладки объясняется использованием качественного посадочного материала и сбалансированной системой питания.

Применение некорневых подкормок специальными водорастворимыми удобрениями и стимуляторами роста по вариантам проведения исследований оказали существенное влияние на количество заложённых плодовых почек (Рис. 7). Наибольшее количество плодовых почек зафиксировано на сорте Gala Shniko Red. Во 2-м варианте - система «Суперагро» в среднем на каждом дереве было по 38 почек (+11 к контролю), в 3-м варианте – система «Агростиль» было в среднем на каждом дереве по 35 почек (+ 8 к контролю) и на контроле 27 почек. На сорте Golden Reinders во 2-м варианте – система «Суперагро» было в среднем по 34 почки на каждом дереве, в 3-м варианте – система «Агростиль» сформировалось по 31 почке и на контроле 26 почек. Наименьшее количество плодовых почек было зафиксировано на сорте Breburn. Однако закономерности по количеству сформированных почек по вариантам опыта сохранились. По годам исследований значительного влияния по количеству плодовых почек не отмечено.

Представленные данные практических исследований показывают высокую эффективность некорневых листовых подкормок специальными водорастворимыми удобрениями и стимуляторами роста в яблоневых садах «суперинтенсивного» типа в год закладки.

Заключение

1. Для обеспечения высокой продуктивности яблоневых садов «суперинтенсивного» типа в первый год после закладки необходимо применять некорневые листовые подкормки водорастворимыми удобрениями с микроэлементами и стимуляторами роста и корнеобразования.

2. Проведение предпосадочной подготовки саженцев яблони с использованием стимуляторов роста и корнеобразования Вигор Форте, Спринталга и Фульвумин на 2-3 дня ускоряет процесс их развития, что отмечается по времени наступления фазы цветения и повышает до 100% приживаемость саженцев.

3. Применение некорневых подкормок увеличило прирост центрального проводника. На сорте Gala Shniko Red во 2-м варианте – система «СуперАгро» он составил 51,3 см, в 3-м с применением системы «Агростиль» 44,8, на контроле 35,2 см. По сортам Golden Reinders и Vreburn наибольший прирост также зафиксирован во 2-м варианте система «СуперАгро», а далее 3-й вариант системы «Агростиль», который по эффективности значительно превосходил контрольный вариант.

4. Применение листовых подкормок стимулировало прирост боковых побегов и наибольшим он зафиксирован на сорте Gala Shniko Red по всем вариантам опыта. На контроле он составил 23,7 см, при использовании системы «СуперАгро» во 2-м варианте прибавка 14,1 см и в среднем прирост составил 37,8 см и при использовании системы «Агростиль» в 3-м варианте прибавка была 9,5 см при среднем приросте 33,2 см. Закономерности прироста молодых побегов при использовании листовых подкормок также сохранились на сортах Golden Reinders и Vreburn.

5. Использование некорневых подкормок во многом определяет высоту деревьев в конце периода вегетации. Наиболее высокий показатель высоты деревьев отмечен у сорта Gala Shniko Red по всем вариантам. Наибольшая средняя высота деревьев на этом сорте получена во 2-м варианте, система «СуперАгро» – 241 см (+16, см), в 3-м варианте, система «Агростиль» – 235 см (+11 см) и на контроле 224 см. На сорте Vreburn во 2-м варианте – 232 см (+13 см), в 3-м варианте – 227 см (+8 см), на сорте Golden Reinders во 2-м варианте 229 см (+11 см), в 3-м варианте 225 см (+7 см).

6. Применение некорневых подкормок в значительной степени активизирует процессы закладки и дифференциации плодовых почек. Наибольшее количество плодовых почек заложено на сорте Gala Shniko Red. Во 2-м варианте в среднем на каждом дереве было по 38 почек (+11 к контролю), в 3-м варианте было по 35 почек (+ 8 к контролю) и на контроле 27 почек. На сорте Golden Reinders во 2-м варианте было в среднем по 34 почки на каждом дереве, в 3-м варианте по 31 почке и на контроле 26 почек. Наименьшее количество плодовых почек было зафиксировано на сорте Vreburn.

7. При весенней закладке яблоневых садов «суперинтенсивного» типа высадку саженцев необходимо производить как в можно более ранние сроки при наступлении благоприятных погодных условий.

8. При возделывании яблоневых садов суперинтенсивного типа для получения первого промышленного урожая на 2-й год после закладки рекомендуется обязательное применение некорневых листовых подкормок удобрениями с микроэлементами совместно со стимулятором роста и корнеобразования по программам, рекомендованным ООО «Агростиль» и ООО «СуперАгро».

Библиография

1. Левшаков Л.В. Экологогеохимическое состояние агропедоценозов в условиях Лесостепи региона КМА автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Курская гос. с.-х. акад. им. И.И. Иванова. Курск, 1998, 28 с.
2. Левшаков Л.В. Нормирование содержания тяжёлых металлов в почве // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 3. С. 51-53.
3. Трунов Ю.В., Кузин А.И. Интенсивные сады яблони средней полосы России / под общ. ред. Ю.В. Трунова. – Воронеж : Кварта, 2016. – 192 с.
4. Гурин А.Г., Резвякова С.В. Особенности роста и плодоношения яблони на семенном подвое в связи с омолаживающей обрезкой // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. Т. 57. С. 42-46.
5. Левшаков Л.В., Волобуева Н.В., Ядыкин С.Г. Применение пинцировки, капельного полива и подкормки микроудобрениями при выращивании саженцев яблони // Сборник научных трудов Плодоводство и ягодоводство России – 2018. Т. 52 // Современные системы ведения питомниководства. – С. 71-76.
6. Волобуева Н.В. Повышение эффективности использования внесения минеральных удобрений в агропедоценозах Курской области // В сборнике «Аграрная наука – сельскому хозяйству»: материалы XV международной научно-практической конференции». – Барнаул, 2020. С. 150-154.
7. Гегечкори Б.С. (2014) Инновационные технологии в плодоводстве: учеб. пособие. – Краснодар : КубГАУ, 288 с.
8. Гурин А.Г., Резвякова С.В. Особенности формирования ассимиляционного аппарата яблони под влиянием минеральных удобрений и систем содержания почвы в старовозрастных насаждениях // Плодоводство и ягодоводство России. – 2018. Т. 52. С. 108-111.

9. Кузин А.И. Влияние фертигации, капельного орошения и некорневых подкормок на продуктивность яблони, качество плодов и свойства почвы в интенсивном саду Центрального Черноземья / А.И. Кузин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 130. – С. 958-974.

10. Влияние листовых подкормок на продуктивность и качество плодов яблони в условиях Краснодарского края / В.П. Попова, О.В. Ярошенко, Н.Н. Сергеева, Т.В. Схаляхо // Садоводство и виноградарство. – 2019. – № 3. – С. 27-33.

11. Кузин, А.И. Трунов Ю.В, Вязьмикина Н.С. (2012) Эффективность некорневых подкормок в орошаемом интенсивном саду в условиях Центрального Черноземья. Плодоводство и ягодоводство России: Сб. научных работ/ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии. Т. XXX. С.64-73.

12. Tagliavini, M., Drahorad W., Dalla J (2002) Acta Horticulturae. – vol. 594. – P.9.

13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел : ВНИИСПК. – 1999. – 606 с.

References

1. Levshakov L.V. [Ecological and geochemical state of agropedocenes in the conditions of the Forest-steppe of the KMA region]. Avtoreferat dis. ... kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk / Kurskaya gos. s.-h. akad. im. I.I. Ivanova. Kursk, 1998, 28 s.

2. Levshakov L.V. [Normalization of the content of heavy metals in the soil]. // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2011. № 3. S. 51-53.

3. Trunov YU.V., Kuzin A.I. [Intensive apple orchards in central Russia]. / pod obshch. red. YU.V. Trunova. – Voronezh : Kvarta, 2016. – 192 s.

4. Gurin A.G., Rezvyakova S.V [Features of growth and fruiting of apple trees on the seed stock in connection with rejuvenating pruning]. // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2019. T. 57. S. 42-46.

5. Levshakov L.V., Volobueva N.V., YAdykin S.G. [The use of tweezing, drip irrigation and fertilizing with micronutrients when growing apple seedlings]. // Sbornik nauchnyh trudov Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii – 2018. T. 52 // Sovremennye sistemy ve-deniya pitomnikovodstva. – S. 71-76.

6. Volobueva N.V. [Improving the efficiency of the use of mineral fertilizers in the agro-food cenoses of the Kursk region] v sbornike «Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu»: materialy XV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii». – Barnaul, 2020. S. 150-154.

7. Gegechkori B.S. (2014) [Innovative technologies in fruit growing]: ucheb. posobie. – Krasnodar: KubGAU, 288 s.

8. Gurin A.G., Rezvyakova S.V. [Features of the formation of the assimilation apparatus of apple trees under the influence of mineral fertilizers and soil maintenance systems in old-age plantings]. / Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2018. T. 52. S. 108-111.

9. Kuzin A.I. [The effect of fertigation, drip irrigation and foliar fertilizing on the productivity of apple trees, fruit quality and soil properties in the intensive garden of the Central Chernozem region]. // Politematicheskij setevoy elektronnyj zhurnal Kubanskogo GAU. – 2017;130:958-974.

10. Popova V.P, YAroshenko O.V., Sergeeva N.N., Skhalyaho T.V. [9,10]. Sadovodstvo i vinogradarstvo, (2019) 3,27-33.

11. Kuzin, A.I. Trunov YU. V, Vyaz'mikina N. S. (2012) [The influence of leaf fertilizing on the productivity and quality of apple fruits in the conditions of the Krasnodar territory]. Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii: Sb. nauchnyh rabot / GNU VSTISP Rossel'hozakademii. T. XXII. S.64-73.

12. Tagliavini, M., Drahorad W., Dalla J (2002) Acta Horticulturae. – vol. 594. – P.9.

13. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. - Orel: VNIISPК. – 1999. – 606 s.

Сведения об авторах

Левшаков Леонид Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан агротехнологического факультета ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова», 305029, г. Курск, ул. К. Маркса 70; тел. 8-4712-53-11-80, e-mail: leo-levshakov@yandex.ru

Пятаков Михаил Александрович, аспирант третьего года обучения кафедры экологии, садоводства и ландшафтного проектирования, ФГБОУ ВО «Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова»; 305029, г. Курск, ул. К. Маркса 70; тел. 8-920-731-07-92, e-mail: szr2@rd-servis.ru

Information about the authors

Levshakov Leonid Vasilyevich, candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Agrotechnology, Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov, 305029, Kursk, 70 K. Marx Street; tel. 8-4712-53-11-80, e-mail: leo-levshakov@yandex.ru

Pyatakov Mikhail Alexandrovich, third-year postgraduate student of the Department of Ecology, Horticulture and Landscape Design, Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov; 305029, Kursk, 70 K. Marx Street; tel. 8-920-731-07-92, e-mail: szr2@rd-servis.ru

УДК 338.436.33:316.422.44

С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, В.Б. Азаров, А.И. Бохан, А.С. Бережная

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. В современном производстве постоянно совершается поиск новых технологических подходов при производстве продукции растениеводства. Одним из таких подходов является внедрение новых ресурсосберегающих технологий. Применение технологии No-till в нашей зоне позволяет при ее соблюдении получать высокие, стабильные урожаи при снижении затрат на производство. При этом следует отметить, что почвенная биота достаточно чувствительна к воздействию различных факторов, включая и системы земледелия, определяющие активность и направленность биологических процессов в агроценозах. В результате проведения исследований нами установлено, что в среднем в слое почвы 0-40 см при технологии No-Till токсичность почвы в 1,5 раза ниже, чем при традиционной обработке (9,2%) и составила 6,8%. Интенсивность снижения длины проростка на 3% выше при No-Till (16,3%), а длины корешка – в 1,5 раза ниже (15,1%), чем при традиционной обработке.

В целом по опыту почва была не токсична и снижение длины проростков и корешков не превышала 30%.

По слою почвы 0-40 см биологическая активность средняя – 44,8% при традиционной обработке и значительно ниже при No-Till – 43,6% (-1,2%), а в слое почвы 0-20 см на 2,4% выше. Таким образом, применение технологии No-Till на чернозёмных почвах Корочанского района не приводило к снижению микробиологической активности микроорганизмов, разрушающих целлюлозу.

На участках с технологией No-Till эмиссия почвой CO₂ была выше, чем при традиционной обработке – в середине вегетации на 3,1 кг/га в сутки при абсолютном значении 28,3 кг/га в сутки; к концу вегетации интенсивность снижения при No-till - 25,5%, при традиционной обработке -18% и составило 21,3 кг/га в сутки, что на 0,7 кг/га в сутки выше, чем при традиционной обработке (20,6 кг/га в сутки).

Результаты проведенных исследований позволяют прогнозировать развитие почвенного плодородия и в целом здоровья почвы при переходе к ресурсосберегающим технологиям производства.

Ключевые слова: Микроорганизмы, дыхание почвы, целлюлозоразрушающая способность почвы, системы земледелия, плодородие.

MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL IN VARIOUS FARMING SYSTEMS

Abstract. In modern production, the search for new technological approaches in the production of crop production is constantly being made. One of such approaches is the introduction of new resource-saving technologies. The use of No-till technology in our zone allows, if it is observed, to obtain high, stable yields while reducing production costs. At the same time, it should be noted that the soil biota is quite sensitive to the effects of various factors, including farming systems that determine the activity and direction of biological processes in agroecosystems. As a result of the research, we found that, on average, in the soil layer of 0-40 cm with No-Till technology, the toxicity of the soil is 1.5 times lower than with traditional treatment (9.2%) and amounted to 6.8%. The intensity of the reduction in the length of the seedling is 3% higher with No-Till (16.3%), and the length of the root is 1.5 times lower (15.1%) than with traditional treatment.

In general, according to experience, the soil was non-toxic and the reduction in the length of seedlings and roots did not exceed 30%.

On the 0-40 cm soil layer, the biological activity is average - 44.8% with traditional processing and slightly lower with No-Till - 43.6% (-1.2%), and in the 0-20 cm soil layer it is 2.4% higher. Thus, the use of No-Till technology on chernozem soils of the Korochansky district did not lead to a decrease in the microbiological activity of microorganisms that destroy cellulose.

On plots with No-Till technology, soil CO₂ emissions were higher than with traditional processing - in the middle of the growing season by 3.1 kg/ha per day with an absolute value of 28.3 kg/ha per day; by the end of the growing season, the intensity of reduction with No-till was 25.5%, with traditional processing -18% and amounted to 21.3 kg/ha per day, which is 0.7 kg/ha per day higher than with traditional processing (20.6 kg/ha per day).

The results of the conducted research will make it possible to predict the development of soil fertility and, in general, soil health during the transition to resource-saving production technologies.

Keywords: Microorganisms, soil respiration, cellulose-destroying ability of soil, farming systems, fertility.

Введение. Основной способ повышения продуктивности земледелия - повышение плодородия почвы. Плодородие почвы и его рациональное использование в сельскохозяйственном производстве во многом определяются интенсивностью и направленностью био-

химической деятельности микроорганизмов. Последнее определяет скорость трансформации различных соединений, разложения растительных остатков, накопление элементов питания растений и в итоге плодородие почвы. Живые организмы являются обязательной составляющей почвы. Почвенные микроорганизмы выполняют свою работу только при обеспечении их энергией и достаточным количеством питания. Основным источником энергии для большинства почвенных организмов является органическое вещество. Следовательно, активность почвенной микрофлоры, главным образом, обусловлена наличием в почве органического вещества при оптимальном сочетании температурного, водного и других режимов почвы.

Рациональное использование земельных ресурсов и оценка их качественной составляющей, должно предусматривать проведение микробиологического мониторинга, который заключается в непрерывном процессе наблюдения и фиксирования параметров объекта в сравнении с установленными критериями. Данный вид мониторинга нацелен на установление реакции отдельных почвенных микроорганизмов на то или иное воздействие.

Проведение почвенного микробиологического мониторинга особенно важно при переходе на биологическое земледелие с производством продукции с улучшенными потребительскими качествами.

Материалы и методы. Объектом исследования являются агроэкосистемы, включающие почву, энтомофауну, микрофлору и человека.

Методика исследования состояла в определении микробиологической активности почв традиционными методами.

Для анализа микробиологических показателей и токсичности почвы образцы отбирались на всех 10 реперных участках, 5 из которых находились на полях хозяйства «Мясные фермы «Искра»», применяющего технологию No-Till, другие 5 участков – находились на близлежащих полях ООО «Агрохолдинг Корочанский», холдинга «Русагро» и ИП Анисимова. В этих сельскохозяйственных предприятиях применяются различные по интенсивности технологии выращивания сельскохозяйственных культур, предусматривающие обработку почвы.

Отбор образцов выполняли по слоям 0-20 и 20-40 см.

Результаты. В наших исследованиях повышение токсичности почвы может быть связано с применением минеральных удобрений и химических средств защиты растений в результате сельскохозяйственной деятельности.

Мы анализировали токсичность почвы при помощи тест-растений. За вариант сравнения (контрольный вариант) принят чистый субстрат, смоченный водой, в остальных вариантах в качестве субстрата использовалась почва. По каждому варианту было высеяно 25 семян тест-растений (озимая пшеница).

Полученные на контрольном варианте результаты принимались за 100%, с ними сравнивали остальные варианты опытов. Анализировалось 25 семян: взошли 25, средняя длина проростков 19,9 см, средняя длина корешков 11,9 см. (табл. 1).

Анализируя данные, полученные по участку №1 (ООО «Мясные фермы Искра» No-Till), видим, что как в слое 0-20 см, так и в слое 20-40 см токсичность оценивается как очень низкая – 4 и 0% соответственно. В среднем, в слое 0-40 см данный показатель составил 2%, то есть почва не токсичная.

По длине проростка наблюдается угнетение роста, величина которого в слое 0-20 см составила 6,3 см (31,7%), в слое 20-40 см длина проростка также была на 5 см меньше (25,1%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 5,7 см (28,6%). По длине корешка наблюдается аналогичная картина: величина снижения в слое 0-20 см составила 1,9 см (16%), в слое 20-40 см длина корешка была на 2,8 см меньше (23,5%). В среднем, в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 2,4 см (20,2%).

Токсичность почвы участка №2 (ИП Анисимов, традиционная технология) в слое 0-20 см составила 8%, Эти данные свидетельствуют о низком уровне токсичности изучаемого слоя почвы. С увеличением глубины отбора образца до 20-40 см в почве токсичность снизи-

лась до 4%. В целом, по обоим изучаемым слоям она была значительно выше, чем в образцах с участка №1.

Таблица 1 - Токсичность почвы в зависимости от применяемых систем земледелия

Вариант	Слой почвы, см	Количество проростков, шт	Длина проростка			Длина корешка			Токсичность, %
			см	+-, см	%	см	+-, см	%	
контроль		25	19,9			11,9			
№1	0-20	24	13,6	-6,3	31,7	10,0	-1,9	16	4
	20-40	25	14,9	-5	25,1	9,1	-2,8	23,5	0
	0-40		14,3	5,7	28,6	9,6	2,4	20,2	2
№2	0-20	23	16,8	-3,1	15,6	8,0	-3,9	32,8	8
	20-40	24	14,9	-5	25,1	10,9	-1,2	10,1	20
	0-40		15,9	4,1	20,6	9,5	2,6	21,8	14
№3	0-20	24	15,7	-4,2	21,1	9,6	-2,3	19,3	4
	20-40	22	14,9	-5	25,1	9,3	-2,6	21,8	12
	0-40		15,3	4,6	23,3	9,5	2,5	21,0	8
№4	0-20	22	22,0	+1,1	5,5	8,5	-3,4	28,6	12
	20-40	20	15,6	-4,3	21,6	8,6	-3,5	29,4	12
	0-40		18,8	1,6	8,0	8,5	3,5	29,4	12
№5	0-20	21	18,0	-1,9	9,6	9,1	-2,8	23,5	16
	20-40	21	13,8	-6,1	30,7	9,7	-2,2	18,5	16
	0-40		15,9	4	20,2	9,4	2,5	21,0	16
№6	0-20	24	15,8	-4,1	20,6	7,7	-4,2	35,3	4
	20-40	24	14,1	-5,8	29,2	12,3	+0,4	3,4	4
	0-40		15,0	5	25,1	10	1,9	16,0	4
№7	0-20	24	21,5	+1,6	8,0	9,1	-2,8	23,5	4
	20-40	25	17,0	-2,9	14,6	10,1	-1,8	15,1	0
	0-40		19,3	0,7	3,5	9,6	2,3	19,3	2
№8	0-20	24	18,1	-1,8	9,0	10,0	-1,9	16,0	4
	20-40	22	15,1	-4,8	24,1	8,1	-3,8	31,9	12
	0-40		16,6	3,3	16,7	9,1	2,9	24,4	8
№9	0-20	23	19,6	-0,3	1,5	9,3	-2,6	21,8	8
	20-40	24	16,3	-3,6	18,1	15,8	+3,9	32,8	4
	0-40		18,0	2,0	10,1	12,6	+0,7	5,9	6
№10	0-20	24	20,5	+0,6	3,0	9,3	-2,6	21,8	4
	20-40	22	19,3	-0,6	3,0	9,1	-2,8	23,5	12
	0-40		19,9	0	0	9,2	2,7	22,7	8

Длина корешка и проростка на образце с участка №2 снижалась относительно контроля. Величина снижения длины проростка в слое 0-20 см была в 2 раза ниже, чем на участке №1 и составила 3,1 см (15,6%), в слое 20-40 см длина проростка на 5 см меньше контроля (25,1%). В среднем, в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 4,1 см (20,6%). Интенсивность снижения длины корешка в слое 0-20 см составила 3,9 см (32,8%), что в 2 раза выше, чем на участке №1; а в слое 20-40 см длина корешка была на 1,2 см меньше контроля, что в 2 раза ниже аналогичного показателя по участку №1. В среднем, в слое почвы 0-40 см угнетение роста корешка составило 2,6 см (21,8%).

Сравнивая данные токсичности почвы вариантов №1 и №2, отмечаем, что в слое почвы 0-40 см применение традиционной технологии по сравнению с No-Till приводило к увеличению токсичности на 4%. Угнетение длины проростка в большей степени наблюдается при технологии No-Till (на 8%). Угнетение длины корешка незначительное выше (на 1,6%) при традиционной обработке.

Токсичность почвы варианта №3 (Мясные фермы «Искра») в слое 0-20 см составила 4%, в слое 20-40 см в 3 раза выше – 12%. Интенсивность снижения длины проростка в слое 0-20 см составила 4,2 см (21,1%), а в слое 20-40 см – 5 см (25,1%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 4,6 см (23,3%). По длине корешка наблюдается аналогичная картина: интенсивность снижения в слое 0-20 см составила 2,3 см (19,3%), а в слое 20-40 см – 2,6 см (21,8%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 2,5 см (21%).

Токсичность почвы варианта №4 (ООО «Агрохолдинг Корочанский») в слоях 0-20 см и 20-40 см 12 и 20% соответственно.

Длины проростка в слое 0-20 см увеличилась на 1,1 см (5,5%), а в слое 20-40 см длина проростка снизилась на 4,3 см (21,6%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 1,6 см (8,0%). По длине корешка также наблюдалось угнетение роста: в слое 0-20 см и 20-40 см уменьшение длины корешка составила 3,4 см (28,6%) и 3,5 см (29,4%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 3,5 см (29,4%).

Сравнивая данные токсичности почвы вариантов №3 и №4, отмечаем, что в слое почвы 0-40 см применение традиционной технологии по сравнению с технологией No-Till приводило к незначительному увеличению токсичности – на 4%. Угнетение длины проростка в 3 раза выше при традиционной обработке, а угнетение длины корешка на 8,4% больше при технологии No-Till.

Токсичность почвы варианта №5 (ООО «Мясные фермы Искра») составила 16% и в слое 0-20 см, и в слое 20-40 см. Снижение длины проростка в слое 0-20 см составило 1,9 см (9,6%), в слое 20-40 см снижение длины проростка в 3 раза больше – 6,1 см (30,7%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста проростка составило 4,0 см (20,2%). По длине корешка снижение в слое 0-20 см составило 2,8 см (23,5%), а в слое 20-40 см – 2,2 см (18,5%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 2,5 см (21%).

Анализ токсичности почвы рядом расположенного варианта №6 (ООО «Агрохолдинг Корочанский») показал, что данный показатель здесь в 4 раза ниже, чем на варианте №5 и составил 4% в слое 0-20 см и 20-40 см. Снижение длины проростка в слое 0-20 см составило 4,1 см (20,6%), в слое 20-40 см – 5,8 см (29,2%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 5,0 см (25,1%). По длине корешка снижение в слое 0-20 см составило 4,2 см (35,3%), а в слое 20-40 см длина корешка оказалась на 0,4 см больше контрольного варианта. В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 1,9 см (16%).

Таким образом, сравнивая токсичность почвы на участках 5 и 6 в слое почвы 0-40 см, можно сделать вывод, что применение технологии No-Till способствовало увеличению токсичности почвы в 4 раза и усилению угнетения роста проростка на 4,9%, а снижение длины корешка на 5% ниже, чем при традиционной обработке.

Анализ токсичности почвы варианта №7 (ООО «Мясные фермы Искра») показал, что в слое 0-20 см она составила 4%, а в слое 20-40 см – 0%, то есть почва не токсична. В среднем по слою 0-40 см она была очень низкая – 2%. Длина проростка в слое 0-20 см выше на 1,6 см (8,0%), а в слое 20-40 см наблюдалось снижение длины проростка на 2,9 см (14,6%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста незначительное – 0,7 см (3,5%). По длине корешка интенсивность снижения в слое 0-20 см составила 2,8 см (23,5%), в слое 20-40 см сокращение длины проростка было в 1,5 раза ниже – 1,8 см (15,1%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста корешка составило 2,3 см (19,3%).

Анализируя токсичность почвы рядом расположенного участка №8 (агрохолдинг «Рус-агро»), видим, что в слое 0-20 см она также составляет 4%, как и на участке №7, а с увеличением глубины взятия образца до 20-40 см токсичность увеличивается в 3 раза – до 12%. В среднем по слою почвы 0-40 см – 8%.

Интенсивность снижения длины проростка и корешка в слое почвы 0-20 см составила 1,8 (9%) и 1,9 см (16%) соответственно, с глубиной снижение длины проростка увеличивается в 2,6 раза – до 4,8 см (24,1%), длины корешка в 2 раза – до 3,8 см (31,9%). В среднем в слое 0-40 см длина сократилась на 3,3 см (16,7%) и 2,9 см (24,4%) соответственно.

Сравнивая данные токсичности почвы участков №7 и №8, видим, что в слое почвы 0-40 см при No-Till она в 4 раза ниже. Интенсивность снижения длины проростка и корешка также была соответственно в 5 и 1,3 раза ниже при использовании технологии прямого посева.

Токсичность почвы на варианте №9 (ООО «Мясные фермы Искра») в слое 0-20 см в 2 раза выше, чем в слое 20-40 см и составляла 8 и 4% соответственно, в слое 0-40 см – 6%.

Снижение длины проростка в слое 0-20 см незначительное – 0,3 см (1,5%), а в слое 20-40 см – 3,6 см (18,1%). В среднем в слое почвы 0-40 см угнетение роста составило 2 см (10,1%). Уменьшение длины корешка в слое 0-20 см было на уровне 2,6 см (21,8%), а в слое 20-40 см наблюдалось увеличение длины корешка на 3,9 см (32,8%). В среднем в слое почвы 0-40 см длина корешка на 0,7 см (5,9%) превышала контрольный вариант.

Токсичность почвы на участке №10 (агрохолдинг «Русагро») в слое почвы 0-20 была в 3 раза ниже относительно слоя 20-40 см – 4 и 12% соответственно. В среднем по слою 0-40 см – 8%.

Длина проростка в слое почвы 0-20 см увеличивалась на 0,6 см (3%), а в слое почвы 20-40 снижалась на 0,6 см (3%), таким образом, в среднем в слое 0-40 см длина проростка не изменялась относительно контроля.

Длина корешка уменьшалась и в слое почвы 0-20 см и 0-40 см – на 2,6 см (21,8%) и на 2,8 см (23,5%) соответственно. В среднем в слое почвы 0-40 см интенсивность снижения длины корешка составила 2,7 см (22,7%).

Анализ токсичности вариантов опыта №9 и №10 в среднем в слое почвы 0-40 см показал, что токсичность почвы на обрабатываемой почве выше на 2% (8%), длина проростка снижается на необрабатываемой почве на 10,1%, а корешка, напротив увеличивается на 5,9%. На варианте с традиционной обработкой длина корешка снижается на 22,7%.

Таким образом, проанализировав данные, полученные по десяти реперным участкам, можно сделать вывод, что при технологии No-Till наибольшая токсичность почвы отмечалась в слое 0-20 см – 7,2%, а в слое 20-40 см незначительно ниже – 6,4%. При традиционной обработке прослеживалась более резкая дифференциация: в слое почвы 0-20 см – 6,4%, в слое 20-40 см – в 2 раза выше – 12%.

Наибольшее снижение длины проростка наблюдается в слое 20-40 см 22,6% и 20,6% при No-till и традиционной обработке соответственно, в слое 0-20 см в 2-3 раза ниже – 11,1% и 6,5%. Длина проростка в большей степени угнетается в слое почвы 0-20 см – 21% и 26,9% при No-till и традиционной обработке соответственно. В слое 20-40 см снижение длины корешка в 1,5 раза меньше при традиционной обработке (17,6%) и в 2 раза – при No-Till (9,2%).

В среднем в слое почвы 0-40 см при технологии No-Till токсичность почвы в 1,5 раза ниже, чем при традиционной обработке (9,2%) и составила 6,8%. Интенсивность снижения длины проростка на 3% выше при No-Till (16,3%), а длины корешка в 1,5 раза ниже (15,1%), чем при традиционной обработке.

В целом по опыту почва была не токсична и снижение длины проростков и корешков не превышала 30%.

Основной способ повышения продуктивности земледелия – повышение плодородия почвы. В то же время успешное ведение экологического земледелия требует высокой биологической активности почвы. Только тогда органические вещества, попадающие в почву, могут действительно использоваться.

Как правило, почвенная микрофлора находится в достаточно стабильном состоянии, но ее численность может резко меняться при проведении агротехнических мероприятий и обогащении почвы органическим веществом. Основным фактором, определяющим деятельность почвенных микроорганизмов, являются растения, которые в течение вегетации выделениями корневой системы влияют на почвенную микрофлору, а по завершении вегетации посредством отмерших корней и пожнивных остатков [1, 2, 3].

Для характеристики плодородия почвы рекомендуются следующие показатели биологической активности: количество, состав и биомасса микроорганизмов.

Переход от вспашки к методикам прямого посева дает толчок к увеличению «естественности» почвенного профиля с нетронутыми верхними слоями, укрытыми пожнивными остатками. При No-till не разрушается среда обитания микроорганизмов и отмечается, по некоторым источникам, повышение биологической активности [3, 4, 5, 10]. При использовании этой технологии микроорганизмы не погибают от недостатка питания, что происходит в условиях непокрытой почвы, они всегда находят органические вещества в поверхностном слое почвы. Более благоприятные условия температуры и влажности почвы при No-till положительно влияют на почвенную микрофлору.

Биологическую активность почвы принято определять по деятельности почвенных микроорганизмов. Показателем общей биологической активности непосредственно в природе является деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов [4, 8, 9]. Целлюлоза (клетчатка) – наиболее распространенный полисахарид растительного мира, высшие растения на 15-50% состоят из целлюлозы. В ее состав входит более 50% всего органического углерода биосферы и расщепление ее имеет большое значение в круговороте углерода [5, 6, 7].

Являясь очень устойчивой к действию физико-химических факторов, она легко разлагается микроорганизмами с выделением углерода, который в форме различных соединений участвует в создании почвенного плодородия. Целлюлозу разлагают аэробные микроорганизмы (бактерии и грибы) и анаэробные мезофильные, и термофильные бактерии. Для большинства микроорганизмов, разлагающих целлюлозу, характерна высокая специфичность по отношению к этому веществу.

В кислых почвах ее разрушают главным образом грибы и, в небольшой степени, актиномицеты, в нейтральных почвах – грибы, актиномицеты и бактерии. Особенностью целлюлозоразрушающих микроорганизмов является их высокая требовательность к источникам азотного питания. Они служат важнейшими поставщиками органических веществ для разнообразных групп микроорганизмов (в том числе азотфиксирующих), связанных общей пищевой цепью. Поскольку активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов зависит также от наличия в почве доступного фосфора и других элементов, то степень распада клетчатки, можно считать, отражает направленность хода микробиологических процессов в целом.

Анализ целлюлозоразрушающей способности почвы (табл. 2), участок №1 рядом расположенной обрабатываемой почвы (участок №2, фермерское хозяйство) показал, что наибольшие показатели отмечены в верхнем слое почвы (0-20 см) 84% и 88%, с глубиной активность микроорганизмов снижается в 2 раза (40%), в слое 0-40см – 62 и 64% соответственно.

В верхнем горизонте необрабатываемой почвы (участок №3) и реперного участка №4 (ООО «Агрохолдинг Корочанский») биологическая активность почвы составила 44%, с глубиной в 1,5раза ниже 28% и 24% В слое 0-40 см – 36 и 34%.

Целлюлозоразрушающая способность необработанной почвы (участок №5) по слоям приблизительно одинакова 44% в слое 0-20 см и 40% в слое 20-40см, в среднем в слое почвы 0-40 см 42%.

Биологическая активность 0-20 см слоя почвы участка №6 (ООО «Агрохолдинг Корочанский») в 2 раза выше, чем на участке №5 – 80%, с глубиной снижается в 2 раза – 48%. В слое 0-40 см – 64%, что в 1,5 раза выше, чем на участке №5.

Нижний горизонт необрабатываемой почвы (участок №7) и обрабатываемой №8 (агрохолдинг «Русагро») имеет низкие значения активности целлюлозоразрушающей активности почвенной микрофлоры – 16%. В верхнем слое на участке №7 несколько выше биологическая активность – 20%, а на участке №8 в 3,5раза выше, чем в слое 20-40 см и в 2,5 раза выше, чем на участке №7. В слое 0-40 см 18% на необрабатываемой почве – 18% и в 2 раза выше на обрабатываемой – 36%.

Не высокая биологическая активность на участке №9 и №10. В слое 0-20 см 28% и 24%, с глубиной на участке №9 снижается в 4 раза – 8%, а на участке №10 незначительно увеличивается на 4%. В среднем в слое почвы 0-40 см на обрабатываемой почве активность

разрушающей целлюлозу микрофлоры составила 26%, на необрабатываемой в 1,4 раза ниже – 18%.

Таблица 2 - Биологическая активность почвы при различных системах земледелия

Вариант	Слой почвы, см	Масса фильтра до закладки	Масса фильтра после закладки	Интенсивность разложения целлюлозы, %
№1	0-20	0,25	0,03	84
	20-40		0,15	40
	0-40			62
№2	0-20		0,02	88
	20-40		0,15	40
	0-40			64
№3	0-20		0,14	44
	20-40		0,18	28
	0-40			36
№4	0-20		0,14	44
	20-40		0,19	24
	0-40			34
№5	0-20		0,14	44
	20-40		0,15	40
	0-40			42
№6	0-20		0,05	80
	20-40		0,13	48
	0-40			64
№7	0-20		0,20	20
	20-40		0,21	16
	0-40			18
№8	0-20		0,11	56
	20-40		0,21	16
	0-40			36
№9	0-20		0,18	28
	20-40		0,23	8
	0-40			18
№10	0-20		0,19	24
	20-40		0,18	28
	0-40			26

Проанализировав данные десяти участков по биологической активности, можно сделать вывод, что при применении технологии No-till наблюдается более резкая дифференциация по слоям, так в верхнем слое почвы – 60,8%, в слое почвы 20-40 см в 2,9 раза ниже 26,4%. При традиционной обработке в верхнем слое почвы 0-20 см активность целлюлозоразрушающей микрофлоры, также выше – 58,4%, с глубиной идет менее резкое снижение в 1,8 раз – 31,2%. В слое почвы 0-40см биологическая активность средняя – 44,8% при традиционной обработке и незначительно ниже при No-till – 43,6% (-1,2%), а в верхнем слое почвы на 2,4% выше.

Таким образом, применение технологии No-till на чернозёмных почвах Корочанского района не приводило к ухудшению микробиологической активности микроорганизмов, разрушающих целлюлозу.

Одним из видов геохимической деятельности организмов почвы является перераспределение газов. Зеленые растения формируют органическое вещество в процессе фотосинтеза. При протекании данного процесса происходит связывание углекислого газа из атмосферы и высвобождение кислорода за счет разложения воды.

Изменения в интенсивности выделения CO₂ из почвы или в содержании CO₂ в почвенном воздухе дают представления о масштабе деятельности почвенных микроорганизмов, характеризуют биологические процессы в почве. Вследствие этого дыхание – один из пока-

зателей биологической активности почвы. В большинстве случаев, чем выше выделения углекислого газа, тем лучше состояние почвы (табл.3).

Таблица 3 - Дыхание почвы, кг/га в сутки

Вариант	15.07.21	14.09.21	Интенсивность снижения	
			кг/га в сутки	%
№1	32,8	15,3	-17,5	53
№2	21,9	18,6	-3,3	15
№3	24,0	18,6	-5,4	22
№4	27,4	23,0	-4,4	16
№5	28,5	25,2	-3,3	12
№6	27,4	21,9	-5,5	20
№7	28,5	26,3	-2,2	8
№8	24,0	15,3	-8,7	36
№9	27,4	21,9	-5,5	20
№10	25,2	24,0	-1,2	5

Дыхание почвы в опыте определялось методом Л.О. Карпачевского – модифицированный метод Штатнова.

Анализ эмиссии почвой CO₂ (участок №1) и рядом расположенной обрабатываемой почвы (участок №2, фермерское хозяйство) показал, что наибольшие показатели в середине вегетации отмечены на необрабатываемой почве – 32,8 кг/га в сутки на обрабатываемой почве на меньше 10,9 кг/га в сутки. К концу вегетации на участке №1 «дыхание» почвы снижается на 53%, на участке №2 на 15% и составила 15,3 и 18,6 кг/га в сутки соответственно.

В середине вегетации на необрабатываемой почве (участок №3) и реперного участка №4 (ООО «Агрохолдинг Корочанский») «дыхание» почвы составило 24 кг/га в сутки на участке №3 и на 3,4 кг/га в сутки выше на участке №4, к концу вегетации снижается на 22% и 16% и составило 18,6 и 23 кг/га в сутки соответственно.

Эмиссия почвой CO₂ необработанной почвы (участок №5) и участка №6 (ООО «Агрохолдинг Корочанский») в середине вегетации составила 28,5 и 27,4 кг/га в сутки, к концу вегетации снизилось на 12 и 20%–25,2 и 21,9 кг/га в сутки.

Дыхание необрабатываемой почвы (участок №7) и обрабатываемой №8 (агрохолдинг «Русагро») в середине вегетации составило 28,5 кг/га в сутки (участок №7) и на 4,5 кг/га в сутки ниже (24 кг/га в сутки) участок №8, к концу вегетации наблюдается незначительное снижение дыхания (8%) на необрабатываемой почве (26,3 кг/га в сутки) и на 36% на участке №8 (15,3 кг/га в сутки).

Эмиссия почвой CO₂ в середине вегетации на участке №9 – 27 кг/га в сутки, №10 – 25,2 кг/га в сутки, к концу вегетации на необрабатываемой почве снижается на 20% – 21,9 кг/га в сутки, на обрабатываемой почве всего на 5% – 24 кг/га в сутки.

Выводы. Проанализировав данные десяти участков по «дыханию» почвы можно сделать вывод, что при применении технологии No-till эмиссия почвой CO₂ выше, чем при традиционной обработке, так в середине вегетации на 3,1 кг/га в сутки и составило 28,3 кг/га в сутки. К концу вегетации интенсивность снижения при No-till – 25,5%, при традиционной обработке – 18% и составило 21,3 кг/га в сутки, что на 0,7 кг/га в сутки выше, чем при традиционной обработке (20,6 кг/га в сутки).

В целом результаты наших исследований говорят о том, что при переходе на технологию No-till снижение микробиологической активности почвы по сравнению с традиционной обработкой почвы практически не происходит. Несмотря на применяемые системы земледелия и высокую степень интенсификации технологических процессов в хозяйствах, почвенный покров можно считать «здоровым».

Библиография

1. Борин А.А. Перспективные технологии обработки почвы / А.А. Борин, А.Э. Лощина // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 2 (42). – С. 130-131.

2. Добровольская Т.Г. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв / Т.Г. Добровольская, Д.Г. Звягинцев, И.Ю. Чернов и др. // Почвоведение. – 2015. – № 9. – С. 1087-1096.
3. Кузнецова Л.Н. Целлюлозоразрушающая способность микроорганизмов при «нулевой» технологии / Л.Н. Кузнецова // Вестник Курской государственной с.-х. академии. – Курск, 2014. – № 7. – С. 49-51.
4. Кузнецова Л.Н. Комплекс агроприемов как фактор почвенного плодородия. Монография / Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин. – Белгород, 2014. – 136 с.
5. Кузнецова Л.Н. Биологическая активность чернозема типичного в зависимости от способа обработки / Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев, А.Г. Ступаков // Сахарная свекла. – 2016. – № 1. – С. 36-41.
6. Кузнецова Л.Н. Микробиологические и агрофизические показатели плодородия почвы в посевах белладонны / Л.Н. Кузнецова, С.А. Линков, И.В. Кулишова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 4 (24). – С. 202-211.
7. Линков С.А. Изменение плодородия почвы в зависимости от факторов интенсификации земледелия: монография / С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин, А.В. Ширяев – Белгород : Изд-во Белгородского ГАУ, 2016. – 197 с., ил.
8. Линков С.А. Влияние сидеральных культур и способов их заделки на микробиологическую активность почвы и урожайность подсолнечника и кукурузы на зерно / С.А. Линков, А.В. Акинчин, А.С. Закараев, А.С. Федоров // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 9. – С.36-38.
9. Лицуков С.Д. Изменение показателей плодородия чернозема типичного и урожайности подсолнечника в зависимости от способа заделки сидератов / С.Д. Лицуков, А.И. Титовская, Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев // В книге: Опыт освоения ландшафтных систем земледелия. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2014. С. 52-55.
10. Ширяев А.В. Биологические показатели плодородия почвы в посевах эхинацеи пурпурной / А.В. Ширяев, Л. Н. Кузнецова // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК. Сб. докладов национальной конференции. Белгород 30 ноября 2020 г. ФГБОУ ВО БелГАУ имени В. Я. Горина. – Белгород: типография Белгородского ГАУ, 2020. – С. 13-15.

References

1. Borin A.A. Promising technologies of tillage / A.A. Borin, A.E. Loshinina // Modern high-tech technologies. – 2015. – № 2 (42). – Pp. 130-131.
2. Dobrovolskaya T.G. The role of microorganisms in the ecological functions of soils / T.G. Dobrovolskaya, D.G. Zvyagintsev, I.Y. Chernov et al. // Soil science. – 2015. – No. 9. – pp. 1087-1096.
3. Kuznetsova L.N. Cellulose-destroying ability of microorganisms with "zero" technology / L.N. Kuznetsova // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – Kursk, 2014. – No. 7. – pp. 49-51.
4. Kuznetsova L.N. The complex of agricultural practices as a factor of soil fertility. Monograph / L.N. Kuznetsova, A.V. Akinchin. – Belgorod, 2014. – 136 p.
5. Kuznetsova L.N. The biological activity of typical Chernozem, depending on processing method / L.N. Kuznetsov, A.V. Shiryayev, A.G. Stupakov // Sugar beet. – 2016. – No. 1. – P. 36-41.
6. Kuznetsova L.N. Microbiological and agrophysical indicators of soil fertility in crops belladonna / L.N. Kuznetsov, S.A. Links, I.V. Kulishova // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2019. – № 4 (24). – Pp. 202-211.
7. Link S.A. Change of soil fertility depends on factors of intensification of agriculture: monograph / S.A. Link, L.N. Kuznetsov, A.V. Akinin, A.V. Shiryayev – Belgorod: publishing house of Belgorod state agricultural UNIVERSITY, 2016. – 197 p., Il.
8. Link S.A. Effect of green manure crops and their incorporation on soil microbiological activity and yield of sunflower and corn / S.A. Linkov, A.V. Akinchin, A.S. Zakaraev, A.S. Fedorov // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2014. – No. 9. – pp.36-38.
9. Litsukov S.D. Changes in the fertility indicators of typical chernozem and sunflower yield depending on the method of seeding siderates S.D. Litsukov, A.I. Titovskaya, L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev // In the book: Experience in the development of landscape systems of agriculture. Materials of the All-Russian Scientific and practical Conference. 2014. pp. 52-55.
10. Shiryayev A.V. Biological indicators of soil fertility in crops of echinacea purpurea / A.V. Shiryayev, L.N. Kuznetsova // Agrarian science in the conditions of innovative development of agriculture. Collection of reports of the national conference. Belgorod on November 30, 2020, V.Ya. Gorin Belarusian State University. – Belgorod : Printing House of the Belgorod State Agrarian University, 2020. – pp. 13-15.

Сведения об авторах

Линков Сергей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. E-mail: linkovserg@yandex.ru, телефон 8(4722) 39-26-68.

Кузнецова Лариса Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. E-mail: Kuznecova_LN@bsaa.edu.ru, телефон 8(4722) 39-26-68.

Азаров Владимир Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. E-mail: Azarov_VB@bsaa.edu.ru, телефон 8(4722) 39-26-68.

Бохан Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. E-mail: alexbohan1980@mail.ru, телефон 8(4722) 39-12-62.

Бережная Анастасия Сергеевна, обучающаяся 3 курса агрономического факультета Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина.

Information about authors

Linkov Sergey Aleksandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin. E-mail: linkovserg@yandex.ru, phone 8(4722) 39-26-68.

Kuznetsova Larisa Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin. E-mail: Kuznecova_LN@bsaa.edu.ru, phone 8(4722) 39-26-68.

Azarov Vladimir Borisovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin. E-mail: Azarov_VB@bsaa.edu.ru, phone 8(4722) 39-26-68.

Bohan Alexander Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Growing, Breeding and Vegetable Growing, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin. E-mail: alexbohan1980@mail.ru, phone 8(4722) 39-12-62.

Berezhnaya Anastasia Sergeevna, 3rd year student of the Faculty of Agronomy Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin.

УДК 635.044:631

Т.В. Олива, Л.А. Манохина, Е.Ю. Колесниченко, С.И. Панин

ВЛИЯНИЕ ХИТОЗАНА И ГУМИНОВОГО УДОБРЕНИЯ НА РОСТ САЛАТА СОРТА ШОКОЛАДНЫЙ ЛИСТ

Аннотация. Проведены исследования по изучению влияния йоднасыщенного гуминового удобрения и адаптогенного стимулятора роста сукцината хитозана на рост, развитие и накопление микроэлемента йода в листьях листового салата сорта Шоколадный лист в условиях защищенного грунта в сравнении с широко известным йоднакопительным листовым салатом сорта Лолло Росса. Обнаружено положительное влияние применения йодированного удобрений и хитозана при вегетативных обработках растений листового салата после массовых всходов, переноса растений в рассадное отделение и каждые семь дней в течение 35 дней вегетации. Стимулирующее влияние изучаемых стимуляторов роста на длину и ширину, массу и площадь листа в наибольшей степени проявилось для сорта Шоколадный лист по сравнению с салатом сорта Лолло Роса. Гуминовые вещества и сукцинат хитозана ускоряли метаболизм в тканях растений. В зеленых листьях салата повышалось содержание белка, клетчатки и биогенных минеральных элементов кальция, фосфора, калия, натрия и серы. В больших количествах в тканях растений накапливался биогенный нетоксичный йод. Наибольшее содержание кальция, фосфора, натрия и серы отмечено для сорта Шоколадный лист, калия – для сорта Лолло Росса. Наивысший уровень йода был отмечен для листьев салата сорта Шоколадный лист, который превышал концентрацию йода в листьях салата Лолло Росса в среднем в 2,1-2,2 раза. Содержание йода в листьях салата сорта Шоколадный лист находилось в пределах 6,0-7,0 мг/кг натурального вещества. Такую овощную продукцию следует отнести к типу функциональная (оздоровительная для профилактики йоддефицитного состояния человека). Установлено, что в условиях защищенного грунта применение биологического удобрения с гуминовыми веществами в комплексе с хитозаном максимально увеличивает урожайность салата для сорта Лолло Росса на 17,6%, для сорта Шоколадный лист на 45,0% по сравнению с контрольным вариантом. Уровни нитратов и тяжелых металлов в продукции были значительно ниже ПДК, что соответствует категории экологически безопасной продукции.

Ключевые слова: теплица, листовый салат, гуминовое удобрение, сукцинат хитозана, экологически безопасная продукция, урожайность

CHITOSAN AND HUMIC FERTILIZER EFFECT ON GROWTH OF LEAF LETTUCE NAMED SHOKOLADNYI LEAF

Abstract. The research about study the effect of iodine-saturated humic fertilizer and adaptogene growth factor of chitosan succinate on the growth, development and accumulation of iodine microelement in leaves of leaf lettuce named Chocolate leaf under conditions of protected soil in comparison with the well-known iodine accumulative leaf lettuce named Lollo Rossa were done. The positive effect of the use of iodine fertilizers and chitosan was found in vegetative cultivation of leaf lettuce plants after mass seedling, the transfer of plants to the seedling compartment and every seven days for 35 days of vegetation. The stimulating effect of the studied growth factor on the length and width, weight and area of the leaf was most was impressed for the Chocolate leaf sort compared to leaf lettuce Lollo Rosa sort. Humic substances and chitosan succinate accelerated metabolism in plant tissues. Protein fiber and biogenic mineral elements of calcium, phosphorus, potassium, sodium and sulfur concentration increased at green leaves of lettuce. In large quantities, biogenic non-toxic iodine accumulated in plant tissues. The highest concentration of calcium, phosphorus, sodium and sulfur was noted for the Chocolate leaf sort, potassium – for the Lollo Ross sort. The highest level of iodine was noted for leaves of Chocolate Leaf lettuce, which exceeded the concentration of iodine in the leaves of Lollo Ross lettuce by an average of 2.1-2.2 times. The concentration of iodine in the leaves of leaf lettuce named Chocolate leaf was in the range of 6.0-7.0 mg/kg of natural substance. Such vegetable products should be classified as functional (healthy for the prophylaxis of a person's iodine deficiency). It has been found that under protected soil conditions, the use of biological fertilizer with humic substances combined with chitosan maximizes the yield of Lollo Ross lettuce by 17.6%, for Chocolate leaf by 45.0% compared to the control version. The levels of nitrates and heavy metals in the products were significantly lower than the maximum concentration limit, which corresponds to the category of environmentally safe products.

Keywords: greenhouse, leaf lettuce, humic fertilizer, chitosan succinate, environmentally friendly products, yield

Введение. В настоящее время роль овощей в так называемом «правильном» питании человека неоспорима. Овощи не только источники витаминов, макро- и микроэлементов, но и поставщики в организм пектинов и клетчатки, которые рассматриваются с позиции пре-

биотиков и стимуляторов развития нормофлоры кишечника [5, 6, 7, 9]. При разработке функциональных (оздоровительных) продуктов питания следует обращать особое внимание на агротехнологии выращивания овощей защищенного грунта [15, 19]. Это связано не только с круглогодичным производством продукции защищенного грунта, но и с некоторыми сортовыми особенностями разных тепличных культур накапливать те или иные биогенные элементы. Поэтому тепличное производство – это верный путь для производства оздоровительной продукции функционального назначения, например йодсодержащих листовых овощей [17, 20]. Роль микроэлемента йода в метаболизме живого организма заключается в стимуляции белкового, жирового и водно-электролитного обмена веществ [2, 21]. Более того биогенный йод не имеет токсичного эффекта и не улетучивается, как из йодированной соли или из йодированных яиц и мяса после тепловой обработки [11, 12]. Положительное влияние применения йодированных микроудобрений при вегетативных или некорневых обработках на растениях открытого грунта отмечали многие ученые. Научная литература по изучению поглощения йода тепличными растениями малочисленная [10, 18]. Малая обеспеченность тепличных растений йодом в условиях с низким содержанием этого элемента в окружающей среде, является фактором, ограничивающим образование хлоропластов в ткани листа и снижения продуктивности овощей. Применение йодистых микроудобрений в оптимальных количествах – это путь преодоления такого ограничения и повышения фотосинтетической деятельности растений. Поглощение элементов при данном способе питания проходит по «безбарьерному типу», что позволяет отслеживать содержание биогенного элемента в растениях в нужных количествах.

Среди многообразия сортов листового салата есть такие, которые способны максимально из окружающей среды концентрировать микроэлемент йод, например салат сорта Лолло Росса [14, 16]. Листовой салат сорта Лолло Росса – это один из самых распространенных и востребованных эталонных видов салата, имеющий насыщенный и слегка горьковатый вкус с ореховым оттенком, с высоким содержанием кальция и минеральных солей. Регулярное употребление в пищу салата Лолло Росса помогает нормализовать обмен веществ, повысить уровень гемоглобина, регулировать водообмен в организме и уменьшать отложение солей, благодаря чему салат рекомендован диетологами всего мира. Менее известный сорт листового йоднакопительного салата Шоколадный лист – раннеспелый сорт, у которого период от всходов до уборки составляет 35-45 дней. У сорта крупные листья, гофрированные и шоколадно-красной окраски с темно-зелеными разводами. Они сочные, хрустящие и без горечи. Салат высоко ценится за высокое содержание витаминов, йода, железа и многих других минеральных элементов. Перед нами стояла задача сравнить влияние применения биологического стимулятора хитозановой природы и гуминовых веществ на рост и развитие на беспочвенном малообъемном субстрате минеральной вате с использованием системы капельного полива известного листового салата сорта Лолло Росса и менее известного йоднакопительного сорта Шоколадный лист в условиях защищенного грунта.

Материалы и методы. При посеве были использованы семена сорта Лолла Росса и Шоколадный лист отечественных производителей семян ООО «Агрофирма ЭЛИТА» и ООО «ТПК «РОСТИ» соответственно, качество семян проверено и соответствует ГОСТ Р 52171 – 2003. Все исследования были проведены в ООО Сельскохозяйственное Предприятие «Теплицы Белогорья» (ООО СХП «Теплицы Белогорья») и в испытательной лаборатории ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» в период 2016-2018 гг.

Для опыта были подготовлены 576 штук семян двух сортов листового салата (по 96 семян в каждом из шести вариантов опыта). В лунки минераловатного кубика опытного варианта были внесены по 5 мл изучаемого раствора сукцината хитозана и гуминового удобрения. Кубики контрольного варианта насыщали только питательным раствором согласно нормативам питания для листового салата. Затем вручную был осуществлен сев салата, по три штуки семян в каждую лунку кубика (рис. 1). Каждый кубик из минеральной ваты присыпали сверху вермикулитом. Вермикулит – сыпучий, пористый, рыхлый, легкий, долговечный

материал из слюды, обладающий свойством сохранять влагу. Применение вермикулита позволяет создавать благоприятные для растений водный и воздушный режимы в зоне корнеобразования и необходимый уровень минерального питания.



Рис. 1 - Посев в рассадном цехе листового салата в ватоминеральные кубики

Проращивание семян проводили в течение 3-х суток в рассадном цехе в камере для проращивания. В это же время проводили подготовку стеллажей, на которые затем расставляли ватоминеральные кубики в лотки. Кубики насыщали питательным раствором и в опытных вариантах по всходам осуществляли вегетативную обработку растений стимулирующими растворами йоднасыщенного гуминового удобрения и хитозаном. Через каждые семь дней вегетативную обработку повторяли с обеспечением параметров среды для выращивания овощей в рассадном отделении (освещение не менее 8 тыс. люкс, среднесуточная температура воздуха ночью – не менее 15°C, днем – не более 21°C, температура питательного раствора не менее 15°C). Через две недели роста кубики с листовыми салатами переносили в блочное отделение и проводили наблюдения еще в течение 30 дней, обеспечивая параметры среды для выращивания листовых овощей в салатном отделении теплицы (освещение не менее 10 тыс. люкс, среднесуточная температура – не менее 19°C, температура питательного раствора не менее 15°C). Относительную влажность воздуха поддерживали на уровне 70-75% системой доувлажнения воздуха. Поддерживали и отслеживали показатели pH 5,8-6,5 и ЕС равную 2,0-2,2 мС/см.

Схема опыта включала 3 варианта исследований для каждого сорта листового салата. Вариант – контроль с использованием питательного поливочного раствора согласно агротехнологии выращивания листового салата и опрыскивание дистиллированной водой в период вегетации. Вариант 1 с использованием питательного поливочного раствора и дополнительной вегетативной некорневой обработкой раствором биологического гуминового йодированного удобрения БелБио-1 в концентрации 0,001%. Вариант 2 с использованием питательного поливочного раствора и дополнительной вегетативной обработкой раствором биологического гуминового йодированного удобрения БелБио-1 в концентрации 0,001%, приготовленного на основе раствора сукцината хитозана. Современные экологизированные технологии сельскохозяйственного производства нуждаются в применении биологических стимуляторов роста и в биологических удобрениях [20]. Хитозан известен как адаптоген, имеющий ростостимулирующее воздействие и влияние на ризогенез, каллусо- и морфогенез, а также обладающий усиленной регенерацией поврежденных тканей [3]. Гуминовое удобрение, разработанное в учебно-научной лаборатории биотехнологических исследований описано нами ранее [15]. Гуминовые вещества – общепризнанные биологические стимуляторы роста и развития разных культур сельскохозяйственных растений [1, 4, 7, 8].

Результаты. Вегетативные обработки растений листового салата осуществляли после массовых всходов, после переноса растений в рассадное отделение и затем каждые семь дней вегетации. На 35-ый день роста растений провели последние биометрические измерения,

сделали отбор растений по 10 штук ватоминеральных кубиков из каждого варианта опыта для биохимических исследований, затем сняли урожай листовых салатов. Отбор растений для морфологических и биохимических испытаний проводили на основе метода рандомизации. Из теплицы салат в кубиках доставлялся в учебно-научную лабораторию биотехнологических исследований агрономического факультета и испытательную лабораторию Белгородского ГАУ, где проводили измерение (рис.2), взвешивание листьев салата.



Рис. 2 - Биометрические исследования салатов: А – сорт Лолла Росса; Б – сорт Шоколадный лист

Зеленую массу использовали для биохимических анализов по общепринятым методикам испытания. Сухое вещество определяли методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ 20851.4; массовую долю азота – по ГОСТ 30181.1; массовую долю сырой золы и клетчатки – по ГОСТ 26226-95 и ГОСТ 31675-2012; массовую долю кальция, калия и фосфора – по ГОСТ 26570-95 и ГОСТ 26657-97; массовую долю натрия – по ГОСТ 30503-97; нитратов – по ГОСТ 13496.19-93; массовую долю йода – титрометрическим методом. Микроэлементы и токсичные вещества определяли по ГОСТ 30692-2000; содержание свинца определяли атомно-абсорбционным методом ГОСТ 26932-86. При нашем участии в Испытательной лаборатории Белгородского ГАУ были изучены показатели физико-химического состава питательных растворов для гидрополива (табл. 1).

Таблица 1 - Химический состав питательного раствора для полива салата

Показатели	Вытяжка раствора	Уровни	
		Низкий	Высокий
pH. ед.	6,64	6,0	6,5
<i>катионы (моль/л)</i>			
N-NH ₄	менее 0,2	-	менее 0,2
K	6,9	8,0	10,0
Na	0,8	-	-
Ca	4,1	2,5	4,5
Mg	1,5	1,0	2,5
<i>анионы (моль/л)</i>			
N-NO ₃	23,3	17,0	30,0
Cl	менее 1,4	-	-
SO ₄	1,5	0,8	1,5
HCO ₃	1,6	-	-
P	1,1	1,0	1,5
<i>микроэлементы (мкмоль/л)</i>			
Fe	39,9	-	-
Zn	5,2	-	-
Mn	2,2	-	-
Cu	0,9	-	-
B	60,6	-	-

Математическая обработка данных по результатам исследований и урожайности проведена методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы Excel в среде операционной системы Microsoft Windows.

Основная часть.

Замачивание семян в гуминовом удобрении и в сукцинате хитозана увеличивало энергию прорастания и всхожесть растений (табл. 2).

Таблица 2 - Влияние гуминового удобрения и хитозана на скорость прорастания и лабораторную всхожесть листового салата разных сортов

Сорт салата		Энергия прорастания		Всхожесть	
		%	± к контролю	%	± к контролю
Лолло Росса	контроль	95,0±0,5	-	98,0±0,5	-
	вариант 1	96,0±0,2	+1,06	99,5±0,2	+1,54
	вариант 2	96,0±0,4	+1,06	99,0±0,4	+1,04
Шоколадный лист	контроль	92,0±1,5	-	96,0±1,5	-
	вариант 1	94,0±0,5	+2,18	98,0±0,5	+2,08
	вариант 2	94,0±1,0	+2,18	98,0±0,5	+2,08

Влияние биологических веществ изучаемых стимуляторов роста проявилось в усилении энергии прорастания семян, что привело к увеличению всхожести и затем более интенсивному росту растений салата обоих сортов (не получила подтверждения статистическим анализом). Средняя всхожесть растений салата равнялась для сорта Лолло Росса 98,84±0,34% и для сорта Шоколадный лист 97,34±0,75%. Средняя всхожесть семян салатов без предварительного замачивания в растворе гуминовых веществ или с хитозаном была ниже в контрольном варианте на 1,0-2,0%.

Дальнейшие наблюдения за параметрами роста и развития растений показали, что в целом они соответствуют сортовой характеристике данных видов салата (рис. 3).



Рис. 3 - Сортовые особенности листового салата сорта Шоколадный лист: листья крупные, гофрированные с темно-зелеными разводами и слегка волнистые по краю

Результаты изучения влияния гуминового удобрения и хитозана на морфометрические параметры растений двух сортов листового салата представлены в табл. 3.

Анализ табличных данных показал явное достоверное стимулирующее воздействие биологического удобрения и хитозана на продуктивность (зеленую массу листьев) салата. Необходимо отметить, что в случае с сортом Лолло Росса отмечена только тенденция увеличения (не получила подтверждения статистическим анализом) длины и ширины листа салата, что, вероятно, связано с экологической валентностью сорта в отношении размеров листа. Но в целом, все листья отличались ровным развитием, и растение формировало однородную розетку.

Таблица 3 - Морфометрические характеристики листового салата, 35 сутки роста

Сорт салата		Метрические показатели			
		Средняя длина листа, см	Средняя ширина листа, см	Масса листьев, г	Площадь листовой поверхности, см ²
Лолло Росса	контроль	15,54±0,37	7,46±0,46	22,93±0,76	593,16±38,45
	вариант 1	15,55±0,25	7,88±0,24	24,20±0,10	610,55±35,55
	вариант 2	15,76±0,30	8,78±0,40	26,18±0,68*	660,95±36,71
Шоколадный лист	контроль	12,45±0,44	6,61±0,43	27,64±0,75	745,84±39,78
	вариант 1	14,44±0,25	7,20±0,24	28,66±0,36	860,60±60,34
	вариант 2	17,94±0,49**	9,57±0,44**	44,23±0,79**	1276,68±42,56**

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$ по сравнению с контрольным вариантом.

Стимулирующее влияние БелБио-1 на длину листа в наибольшей степени проявилось для сорта Шоколадный лист – увеличение составило 5,49 см или 30,6% ($p < 0,01$) по отношению к контролю. Листья салата достоверно стали шире у сорта Шоколадного листа на 2,96 см или на 30,9% ($p < 0,01$). Для сорта Лолло Росса изменение этого показателя не подтвердилось статистическим анализом. Положительное влияние стимулятора проявилось в увеличении массы листьев и самым значительным оно было для салата сорта Шоколадница на 16,59 г или на 37,5% ($p < 0,01$) по отношению к контролю, для сорта Лолло Росса – на 3,25 или на 12,4% ($p < 0,05$). Не стал исключением из выявленной закономерности и такой показатель как площадь листовой поверхности. Так же, как и в случае с массой листьев, самая наивысшая площадь листьев наблюдалась у сорта Шоколадный лист на 530,84 см² или на 41,6% ($p < 0,01$), превысив уровень контроля. Растение сорта Лолло Росса – на 67,79 см² или на 10,3% ($p < 0,05$).

В табл. 4 представлена биохимическая характеристика зеленой листовой массы двух сортов листового салата в пересчете на натуральное при выращивании растений в течение 35 суток. Исходя из табличных данных, видим, что применение препарата с гуминовым удобрением или в комплексе с хитозаном улучшают характеристики листового салата в пересчете на натуральное вещество по сравнению с контролем.

Таблица 4 - Характеристика листовых салатов разных сортов, 35 сут., натуральное вещество

Сорт салата		Массовая доля влаги, %	Массовая доля сырой золы, %	Массовая доля азота, %	Массовая доля белка, %
Лолло Росса	контроль	96,39±0,05	0,77±0,02	0,15±0,02	0,94±0,02
	вариант	95,72±0,05	0,86±0,03	0,16±0,02	1,00±0,03
	вариант 2	95,26±0,07*	0,90±0,05*	0,21±0,02*	1,32±0,02*
Шоколадный лист	контроль	94,15±0,10	0,90±0,04	0,22±0,02	1,38±0,04
	вариант	93,44±0,26	0,96±0,02	0,27±0,02	1,70±0,04
	вариант 2	93,60±0,10*	1,06±0,05*	0,28±0,02*	1,75±0,05*

Примечание: * - $p < 0,05$ по сравнению с контрольным вариантом

Анализ данных таблицы показывает, что применение биологического удобрения БелБио-1 в первом варианте опыта и в комплексе с хитозаном во втором варианте опыта увеличивало такие характеристики растений, как массовая доля сухого вещества, сырой золы, общего азота и массовая доля белка. Во втором варианте эти изменения были более выражены и уже носили достоверный характер ($p < 0,05$). Максимальное проявления влияния гуминовых веществ в комплексе с сукцинатом хитозана на эти показатели обнаружены у сорта листового салата Шоколадный лист. Следует отметить, что массовая доля общего азота и белка у растений из варианта 2 возросла в среднем в 1,3-1,4 раза. Конечно же, это является результатом усиления метаболизма в тканях растений под влиянием сукцината хитозана в комплексе с гуминовыми веществами. Таким образом, применение хитозанового препарата индуцировало естественный потенциал растений, повышая адаптационные способности и дополнительно активируя обмен веществ.

В табл. 5 приведены результаты минерального состава зеленой массы разных сортов листового салата в пересчете на натуральное вещество. Из данных таблицы видно, что при-

менение биологического гуминового удобрения и в сочетании с хитозаном способствует накоплению в листьях салата кальция, фосфора, калия, натрия и серы. Отметим, что комплексное применение сукцината хитозана и гуминовых веществ усиливало это накопление. Наибольшее содержание кальция, фосфора, натрия и серы отмечено для сорта Шоколадный лист, калия – для сорта Лолло Росса. Пластичным в отношении накопления серы является сорт салата Лолло Росса, в зеленой массе которого во 2 варианте на 33,3% серы больше, чем в контрольном варианте опыта без применения гуминовых веществ и сукцината хитозана. Концентрация йода возрастала в листьях всех сортов йоднакопительного салата значительно ($p < 0.001$). Гуминовые вещества биологического удобрения БелБио-1 способствовали накоплению йода в тканях растений для сорта Лолло Росса в 12,6 раза, для сорта Шоколадный лист в 6,2 раза. Гуминовые кислоты в комплексе с хитозаном максимально влияли на накопление йода в тканях зеленых листьев салата: для сорта Лолло Росса в 13,9 раза, для сорта Шоколадный лист в 6,6 раза.

Таблица 5 - Характеристика минерального состава листового салата разных сортов, 35 сут. (в пересчете на натуральное вещество)

Сорт салата		Массовая доля кальция, %	Массовая доля фосфора, %	Массовая доля калия, %	Массовая доля натрия, %	Массовая доля серы, г/кг	Массовая доля йода, мг/кг
Лолло Росса	контроль	0,062± 0,001	0,034± 0,002	0,379± 0,001	0,021± 0,002	0,12± 0,04	0,23± 0,02
	вариант 1	0,068± 0,002*	0,036± 0,002*	0,386± 0,002	0,025± 0,001	0,13± 0,01	2,90± 0,35
	вариант 2	0,068± 0,001*	0,039± 0,001*	0,415± 0,001*	0,024± 0,001	0,16± 0,001*	3,20± 0,44
Шоколадный лист	контроль	0,070± 0,001	0,034± 0,001	0,034± 0,004	0,024± 0,001	0,27± 0,02	1,02± 0,12
	вариант 1	0,078± 0,002	0,045± 0,002**	0,039± 0,003	0,027± 0,004	0,26± 0,02	6,35± 0,35
	вариант 2	0,077± 0,001	0,048± 0,001**	0,042± 0,002*	0,026± 0,001	0,28± 0,02	6,70± 0,30

Примечания: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.001$; *** – $p < 0.001$ по сравнению с контролем

Однако, отметим факт, что наибольшая концентрация йода в листьях характерна для салата сорта Шоколадный лист и превышает его уровень в листьях салата Лолло Росса в среднем в 2,1-2,2 раза. По всем признакам существенного накопления йода листьями овощей данную овощную продукцию листового салата следует отнести к типу функциональной (или оздоровительной). Следует заметить, что сорт салата Лолло Росса обладал самой высокой экологической пластичностью в отношении накопления йода, что предполагает способности этого растения аккумулировать йод из окружающей среды самым наилучшим способом.

В табл. 6 представлена характеристика товарного качества и показателей безопасности салатов двух сортов. Данные таблицы свидетельствуют о высоком качестве и безопасности для здоровья человека произведенной товарной продукции.

Таблица 6 - Характеристика экологической безопасности салатной листовой продукции

Сорт салата		Нитраты мг/кг	Кадмий, мг/кг	Свинец, мг/кг
Лолло Росса	контроль	1220±10	0,011±0,001	0,122±0,002
	вариант 1	1070±10*	0,008±0,002	0,010±0,002
	вариант 2	1140±20	0,009±0,002	0,111±0,001
Шоколадный лист	контроль	1275±15	0,016±0,001	0,180±0,001
	вариант 1	1140±14*	0,009±0,002	0,080±0,001
	вариант 2	1200±10	0,009±0,003	0,070±0,001
ПДУ по СанПиН .3.2.1078 – 2001, пункт 1.6.1		< 2000	< 0,03	< 0,50

Примечания: * - $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Использование биологического гуминового удобрения БелБио-1 при выращивании листового салата уменьшало количество нитратов в листьях салата обоих сортов. Отметим факт, что применение гуминовых веществ в комплексе с хитозаном в меньшей степени снижало количество нитратов в овощах, что может быть связано с более напряженным и интенсивным обменом веществ у растений данного варианта 2 опыта. В целом, уровень нитратов в продукции всех вариантов опыта был значительно ниже ПДК (не более 2000 мг/кг, СанПин 2.3.2.1078, пункт 1.6.1), что важно для товарной продукции, и соответствует категории экологически безопасной продукции. Из данных табл. 6 также видно, что гуминовые вещества не являются стимуляторами накопления токсичных микроэлементов. Их содержание было также значительно ниже ПДУ. Это важно для производства экологически безопасной продукции. Ртуть и мышьяк в зеленой массе листового салата не были обнаружены. ПДУ токсичных металлов для овощей закрытого грунта составляет (в пересчете на натуральное вещество): для ртути 0,02 мг/кг, для мышьяка 0,2 мг/кг, (СанПиН 2.3.2.1078, пункт 1.6.1). Такая продукция должна пользоваться спросом покупателей и может быть рекомендована для питания школьников в течение всего года или круглогодично.

В табл. 7. представлены данные об урожайности двух сортов листового салата разных вариантов опыта.

Таблица 7 - Динамика урожайности листового салата разных сортов, кг/м²

Сорт салата	Контроль	Вариант 1	Вариант 2
Лолло Росса	1,99±0,20	2,25±0,28	2,34±0,10
Шоколадный лист	2,62±0,20	3,62±0,34	3,80±0,44

Установлено, что применение биологического удобрения с гуминовыми веществами в комплексе с адаптогеном сукцинатом хитозана в условиях защищенного грунта максимально увеличивает урожайность салата для сорта Лолло Росса на 17,6%, для сорта Шоколадный лист на 45,0% по сравнению с контрольным вариантом.

Заключение. Результаты наших исследований свидетельствуют о наличии высокого стимулирующего действия йодированного гуминового удобрения, с эффектом усиления в комплексе с биологическим адаптогенным препаратом сукцината хитозана, на ростовые процессы растений во все его фазы развития. Установлено, что применение изучаемых биологических стимуляторов ускоряет белковый обмен, что вызывает ускоренный рост растений, снижает содержание нитратов в готовой продукции и улучшает в целом ее качество. В зеленых листьях салата повышается содержание биогенных элементов кальция, фосфора, калия, натрия и серы. В тканях растений интенсивно накапливается биогенный нетоксичный йод, что позволяет использовать зеленую овощную продукцию салата для йоддефицитной профилактики. Отметим, что сорт салата Шоколадный лист накапливает йод в больших количествах и по всем характеристикам ни в чем не уступает популярному сорту листового салата Лолло Росса.

Библиография

1. Агафонов Е.В. Испытание регуляторов роста растений и гуминовых препаратов / Е.В. Агафонов // Агрехимический вестник. – 2013. – № 3. – С. 15.
2. Дзахмишева И.Ш. Профилактика йододефицита функциональными продуктами питания // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть11). – С. 2418-2421.
3. Камская В.Е. Хитозан: структура, свойства и использование // Научное обозрение. Биологические науки. – 2016. – № 6. – С. 36-42; URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1020> (дата обращения: 15.10.2021).
4. Кастиорнова А. Урожайность шпината в зависимости от обработки гуматом калия-натрия / Кастиорнова А., Г. Кунавин // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2015. – № 3. – С.7-10.
5. Коцарева Н.В. Научные основы производства овощей в Белгородской области / Коцарева Н.В., Быков И.А. // Бюллетень научных работ Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина. – 2009. – № 17. – С. 9-12.
6. Коцарева, Н.В. Тепличное хозяйство и технологии / Н.В. Коцарева, О.Н. Шабета, А.Н. Крюков. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2019. – 257 с.
7. Красноярская В.А. Гуматы как средство минимизации воздействия тяжелых металлов / Красноярская В.А., Олива Т.В. / В книге: Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. – 2020. – С. 94.

- 8 Лушпина Т.Н. Влияние биологического препарата на хозяйственно ценные признаки зеленых культур в защищенном грунте /Лушпина Т.Н., Коцарева Н.В./ В книге: Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы. Материалы XXII международной научно-производственной конференции. – 2018. – С. 79-80.
9. Пищевые и лекарственные свойства культурных и дикорастущих растений / В. Н. Наумкин, Н. В. Коцарева, А. Н. Крюков [и др.]. – Москва : Колос-С, 2020. – 555 с.
10. Новичихин Н.А. Влияние соединений йода, кремния и серебра на продуктивность томата / Н.А. Новичихин, М.В. Селиванова, М.С. Сигида // Сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 9 (1). – С. 441-443.
11. Олива Т.В. Биотехнологические альтернативы в сельском хозяйстве / Олива Т.В., Шевченко Г.В., Исаева О.М. / Успехи современного естествознания. – 2007. – № 12. – С. 42-43.
12. Олива Т.В. Обогащение йодом и повышение пищевой ценности птицеводческой продукции мяса и яиц / Олива Т.В., Горшков Г.И. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5; URL: www.science-education.ru/119-15071 (дата обращения: 15.10.2021).
13. Олива Т.В. Тепличное производство йоднакопительного листового салата сорта Лолло Росса / Олива Т.В., Панин С.И., Колесниченко Е.Ю., Кузьмина Е.А., Ярцева Е.А // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=23577> (дата обращения: 15.10.2021).
14. Олива Т.В. Ресурсный потенциал производства и формирования оптимальной системы агротехнологии возделывания тепличных овощей в Белгородской области / Олива Т.В., Добрунова А.И., Простенко А.Н., Панин С.И // Национальный цифровой ресурс Руконт. – Москва. – 2017 г.
- 15.Олива Т.В. Листовой салат сорта Афицион в защищенном грунте / Олива Т.В., Манохина Л.А., Кузьмина Е.А., Проскурина Е.Н./ Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 4 (24). – С. 235-244.
16. Олива Т.В. Компонентный состав йоднакопительных сортов листового салата в условиях защищенного грунта / Олива Т.В., Манохина Л.А., Кузьмина Е.А. // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 12 – 2.– С. 229-235.
17. Пинчук Е.В. Ценная овощная зелень на гидропонике для круглогодичного потребления / Пинчук Е.В., Беспалько Л.В., Козарь Е.Г., Балашова И.Т., Сирота С.М., Шевенко Т.Е. // Овощи России. – 2019. – № 3 (47). – С. 45-53.
18. Степанова Д.И., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И., Герасимова Г.А. Эффективность подкормок йодом и вермикомпостом при выращивании огурцов в Якутии [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2021/1/st_118.pdf. Индекс DOI: <https://doi.org/10.51419/20211118>.
19. Тарасов А.В. Производство экологически безопасной и оздоровительной тепличной овощной продукции / Тарасов А.В., Олива Т.В., Проскурина Е.Н./ Управление городом: теория и практика. – 2017. – № 2 (25). – С. 20-29.
20. Aleinik S.N., Dorofeev A.F., Akinchin A.V., Linkov S.A., Melentiev A.A. Agriculture development in the context of technological and ecology problems // Journal of Critical Reviews. 2020.T. 7. № 9. С. 2174-2182.
21. ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. // Third Edition. World Health Organization, UNICEF [<http://www.iccidd.org>] International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders. ICCIDD. – May 2010. – IDD newsletter. – Volume 36. – № 2.

References

1. Agafonov E.V. Ispytanie regulatorov rosta rastenij i guminovy`x preparatov / E.V. Agafonov // Agrochimicheskij vestnik. – 2013. – № 3. – С. 15.
2. Dzaxmisheva I.Sh. Profilaktika jododeficitn`ny`mi produktami pitaniya // Fundamental`ny`e issledovaniya. – 2013. –№ 10 (chast`11). – С. 2418-2421.
3. Kamskaya V.E. Xitozan: struktura, svojstva i ispol`zovanie // Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki. – 2016. – № 6. – С. 36-42; URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1020> (data obrashheniya: 15.10.2021)
- 4 Kastornova A. Urozhajnost` shpinata v zavisimosti ot obrabotki gumatom kaliya-natriya / Kastornova A., G. Kunavin // Ovoshhevodstvo i teplichnoe xozyajstvo. – 2015. – № 3. – С.7-10.
5. Koczareva N.V. Nauchny`e osnovy` proizvodstva ovoshhej v Belgorodskoj oblasti / Koczareva N.V., By`kov I.A. // Byulleten` nauchny`x rabot Belgorodskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii im. V.Ya. Gorina. – 2009. – № 17. – С. 9-12.
6. Kocareva, N.V. Teplichnoe hozyajstvo i tekhnologii / N.V. Kocareva, O.N. SHabetya, A.N. Kryukov. – Belgorod : Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.YA. Gorina, 2019. – 257 s.
7. Krasnoyarskaya V.A. Gumaty` kak sredstvo minimizacii vozdejstviya tyazhely`x metallov / Krasnoyarskaya V.A., Oliva T.V./ V knige: Gorinskie chteniya. Innovacionny`e resheniya dlya APK. Materialy` Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii. V 4-x tomax. – 2020. – С. 94.
- 8 Lushpina T.N. Vliyanie biologicheskogo preparata na hozyajstvenno cenny`e priznaki zeleny`x kul`tur v zashhishhennom grunte / Lushpina T.N., Koczareva N.V. / V knige: Organicheskoe sel`skoe hozyajstvo: problemy` i perspektivy`. Materialy` XXII mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii. – 2018. – С. 79-80.
9. Pishchevye i lekarstvennyye svojstva kul`turny`x i dikorastushchih rastenij / V.N. Naumkin, N.V. Kocareva, A.N. Kryukov [i dr.]. – Moskva : Kolos-S, 2020. – 555 s.
10. Novichixin N.A. Vliyanie soedinenij joda, kremniya i srebra na produktivnost` tomata / N.A. Novichixin, M.V. Selivanova, M.S. Sigida // Sel`skoxozyajstvenny`j zhurnal. – 2016. – № 9 (1). – С. 441-443.

11. Oliva T.V. Biotexnologicheskie al'ternativy` v sel'skom khozyajstve / Oliva T.V. Shevchenko G.V., Isaeva O.M./ Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2007. – № 12. – S. 42 – 43.
12. Oliva T.V. Obogashhenie jodom i povы'shenie pishhevoj cennosti pticevodcheskoj produkcii myasa i yaicz / Oliva T.V., Gorshkov G.I. // Sovremennyy'e problemy` nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 5; URL: www.science-education.ru/119-15071
13. Oliva T.V. Teplichnoe proizvodstvo jednakopitel'nogo listovogo Salata sorta Lollo Rossa / Oliva T.V., Panin S.I., Kolesnichenko E.Yu., Kuz'mina E.A., Yarceva E.A // Sovremennyy'e problemy` nauki i obrazovaniya. 2015. № 6. [E'lektronny`j resurs].URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=235771020> (data obrashheniya: 15.10.2021).
14. Oliva T.V. Resursny`j potencial proizvodstva i formirovaniya optimal'noj sistemy` agrotexnologii vozdeleyvaniya teplichny`x ovoshhej v Belgorodskoj oblasti / Oliva T.V., Dobrunova A.I., Prostenko A.N., Panin S.I // Nacional'ny`j cifrovoy resurs Rukont. – Moskva. – 2017 g.
15. Oliva T.V. Listovoy salat sorta Aficion v zashhishhennom grunte / Oliva T.V., Manoxina L.A., Kuz'mina E.A., Proskurina E.N. / Innovacii v APK: problemy` i perspektivy`. – 2019. – № 4 (24). – S. 235-244.
16. Oliva T.V. Komponentny`j sostav jednakopitel'ny`x sortov listovogo salata v usloviyax zashhishhennogo grunta / Oliva T.V., Manoxina L.A., Kuz'mina E.A. // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. – 2019. – № 12 – 2.–S. 229-235.
17. Pinchuk E.V. Cennaya ovoshhnaya zelen` na gidroponike dlya kruglogodichnogo potrebleniya / Pinchuk E.V., Bes-pal'ko L.V., Kozar` E.G., Balashova I.T., Sirota S.M., Shevenko T.E. // Ovoshhi Rossii. – 2019. – № 3 (47). – S. 45-53.
18. Stepanova D.I., Grigor'ev M.F., Grigor'eva A.I., Gerasimova G.A. E'ffektivnost` podkormok jodom i vermikompostom pri vy'rashhivaniy ogurczov v Yakutii [E'lektron. resurs] // AgroE`koInfo: E'lektronny`j nauch-no-proizvodstvenny`j zhurnal. – 2021. – №1. – Rezhim dostupa: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2021/1/st_118.pdf. Indeks DOI: <https://doi.org/10.51419/20211118>.
19. Tarasov A.V. Proizvodstvo e`kologicheski bezopasnoj i ozdorovitel'noj teplichnoj ovoshhnoj produkcii / Tarasov A.V., Oliva T.V., Proskurina E.N./ Upravlenie gorodom: teoriya i praktika. – 2017. – № 2 (25). – S. 20-29.
20. Aleinik S.N., Dorofeev A.F., Akinchin A.V., Linkov S.A., Melentiev A.A. Agriculture development in the context of technological and ecology problems // Journal of Critical Reviews. 2020.T. 7. № 9. C. 2174-2182.
21. ICCIDD. Assessment of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. // Third Edition. World Health Organization, UNICEF [<http://www.iccidd.org>] International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders. ICCIDD. – May 2010. – IDD newsletter. – Volume 36. – № 2.

Сведения об авторах

Олива Тамара Владимировна, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ, кандидат биологических наук, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, контактный телефон +7-472-239-26-68, oliva_tv@bsaa.edu.ru

Манохина Лариса Андреевна, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ, кандидат сельскохозяйственных наук, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, контактный телефон +7-472-239-26-68, manokhina_LA@bsaa.edu.ru

Колесниченко Елена Юрьевна, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, контактный телефон +7-472-239-26-68, kolesnichenko_ej@bsaa.edu.ru

Панин Сергей Иванович, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, контактный телефон

Information about authors

Oliva Tamara Vladimirovna, associate professor of the department of agriculture, agrochemistry land management, ecology and landscape architecture, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, candidate of biological Sciences, Vavilov St.1, set. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, contact phone 7-472-239-26-68, 68, oliva_tv@bsaa.edu.ru

Manokhina Larisa Andreevna, associate professor of the department of agriculture, agrochemistry land management, ecology and landscape architecture, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, candidate of biological Sciences, Vavilov St.1, set. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, contact phone 7-472-239-26-68, 68, manokhina_LA@bsaa.edu.ru

Kolesnichenko Elena Yurevna, associate professor of the department of agriculture, agrochemistry land management, ecology and landscape architecture, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, candidate of biological Sciences, Vavilov St.1, set. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, contact phone 7-472-239-26-68, 68, kolesnichenko_ej@bsaa.edu.ru

Panin Sergey Ivanovich, associate professor of the department of agriculture, agrochemistry land management, ecology and landscape architecture, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, candidate of biological Sciences, Vavilov St.1, set. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, contact phone 7-472-239-26-68, panin52@mail.ru

УДК 633.854.78:631.563

Н.А. Сидельникова

НОРМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПОДСОЛНЕЧНИКА ПРИ ХРАНЕНИИ

Аннотация. В статье приведена технология хранения подсолнечника в Белгородской области. Проведен анализ качества семян подсолнечника. Изучение показателей качества и условий его хранения позволит определить сорта подсолнечника, обладающие лучшими технологическими качествами для конкретного целевого использования полученного урожая.

Установлено, что при несоблюдении требуемой температуры и влажности при хранении, негативным изменениям подвергаются жиры и белки, ядро семени подсолнечника становится тёмным, появляется горький вкус, повышается кислотность, затхлый запах. При несоответствующем хранении семена могут потерять всхожесть подсолнечника. При несвоевременном обеззараживании и протравливании развиваются термофильные бактерии, при этом может пострадать и стать дефектной вся партия семян. Необходимо соблюдать все технологические операции своевременно, при этом поддерживать оптимальную влажность и температуру на каждом этапе послеуборочной обработки.

В результате проведенных исследований установлено, что на длительное хранение следует закладывать семена подсолнечника с влажностью не более 7,0% и засоренностью не более 2,0%, на временное хранение (сроком до 1 месяца) – семена подсолнечника с влажностью не более 9,0% и засоренностью не более 3,0% при условии их активного вентилирования. Семена подсолнечника с влажностью более 7,0% должны храниться на токах не более 1 суток. Нормы зависят от сорта, способа и срока (3, 6 месяцев и 1 год) хранения партий семян подсолнечника. Гарантийный срок хранения семян подсолнечника – шесть месяцев со дня закладки на хранение. После окончания гарантийного срока хранения качество семян необходимо проверять на предмет соответствия стандарту, в случае положительных результатов анализа срок хранения продлевают.

Ключевые слова: семена подсолнечника, показатели качества, влажность, засоренность, температура, маслянисть, кислотное число, партия семян, хранение.

NORMS OF NATURAL LOSS AND SUNFLOWER QUALITY INDICATORS DURING STORAGE

Abstract. The article describes the technology of sunflower storage in the Belgorod region. The analysis of the quality of sunflower seeds was carried out. The study of quality indicators and conditions of its storage will allow us to determine sunflower varieties that have the best technological qualities for a specific target use of the resulting crop.

It has been established that if the required temperature and humidity are not observed during storage, fats and proteins undergo negative changes, the sunflower seed kernel becomes dark, a bitter taste appears, acidity increases, and a musty smell. With inappropriate storage, the seeds may lose the germination of sunflower. With untimely disinfection and etching, thermophilic bacteria develop, while the entire batch of seeds may suffer and become defective. It is necessary to observe all technological operations in a timely manner, while maintaining optimal humidity and temperature at each stage of post-harvest processing.

As a result of the conducted research, it was found that sunflower seeds with a moisture content of no more than 7.0% and a clogging content of no more than 2.0% should be laid for long-term storage, sunflower seeds with a moisture content of no more than 9.0% and a clogging content of no more than 3.0% should be placed for temporary storage (for up to 1 month), provided they are actively ventilated. Sunflower seeds with a moisture content of more than 7.0% should be stored on currents for no more than 1 day. The norms depend on the variety, method and period (3, 6 months and 1 year) of storage of batches of sunflower seeds. The guaranteed shelf life of sunflower seeds is six months from the date of laying for storage. After the end of the warranty period of storage, the quality of seeds must be checked for compliance with the standard, in case of positive results of the analysis, the shelf life is extended.

Keywords: sunflower seeds, quality indicators, humidity, clogging, temperature, oil content, acid number, batch of seeds, storage.

Введение. Подсолнечник – одна из наиболее распространенных и рентабельных сельскохозяйственных культур, которая возделывается разных странах. Она занимает особое место и в аграрном хозяйстве России, являясь основной масличной культурой. Хотя в мире первое место среди масличных культур принадлежит сое. Маслосемена подсолнечника перерабатываются с целью извлечения из них ценного пищевого масла, широко используемого в пищевой промышленности. Так же оно нашло широкое применение в кулинарии, косметологии и медицине. В Белгородской области впервые было получено путем отжима раститель-

ное масло в 19 веке простым крестьянином Даниилом Семеновичем Бокаревым слободы Алексеевка Бирюченского уезда.

Изучение показателей качества и условий его хранения позволит определить сорта масличных культур, обладающие лучшими технологическими качествами для конкретного целевого использования полученного урожая.

Целью наших исследований является: определение путей сохранения маслосемян. Исходя из цели работы, ставится ряд конкретных задач:

- изучить и проанализировать технологические качества семян;
- изучить способы и режимы хранения семян подсолнечника;
- рассчитать уменьшение массы семян за счет естественной убыли.

Материалы и методы. Работа выполнялась на базе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» и предприятий агропромышленного комплекса различных форм собственности Белгородской области.

Исследования проводили согласно: - ГОСТ Р 52325-2005 - Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия; - ГОСТ 22391-2015 Подсолнечник. Технические условия [1, 2].

В настоящее время активными темпами увеличивается валовой сбор семян масличных культур. По прогнозу аналитического агентства «АПК-информ» урожай подсолнечника в 2021 году достигнет 15,2 миллиона тонн. В середине сезона этот прогноз был выше на 9 процентов. Но даже при таком уровне урожая масличной культуры будет выше на 13 процентов, чем в предыдущем 2020 году.

Анализ данных Министерства сельского хозяйства Российской Федерации показал, что на 15 сентября 2021 года в нашей стране валовой сбор подсолнечника составил 2,26 миллиона тонн, убрали 1,37 миллиона гектаров, с урожайностью 16,5 центнера с гектара.

За последние 3 года посевные площади масличных культур в Российской Федерации, Центральном федеральном округе и Белгородской области все время возрастают. Так в Российской Федерации в 2018 году масличными культурами было засеяно 13316,98 тыс. га, в 2019 году больше на 608,76 тыс. га, а в 2020 году эта разница возросла еще больше – на 667,26 тыс. га. В ЦФО посевные площади увеличились в 2019 году на 5,7%, в 2020 году на 7,6%. Такая же закономерность отмечалась и в Белгородской области, так посевные площади масличных культур в 2019 году увеличились на 9%, в 2020 году еще больше, на 10%.

По данным Федеральной службы Государственной статистики за 2018-2020 года известно, что посевные площади подсолнечника в РФ максимальными были в 2019 году. Площадь посева подсолнечника в целом по России, в ЦФО и Белгородской области в 2019 г. увеличилась по сравнению с 2018 г. Так в России в 2019 году она была больше на 416,99 тыс. га. Но в 2020 году она сократилась на 22,42 тыс. га.

В ЦФО и в Белгородской области посевные площади под эту культуру увеличивались все три года соответственно на 84,97 тыс. га (6%) и 12,9 тыс. га (8,2%).

Урожайность подсолнечника в России и Белгородской области в 2018 году составила 16-29,7 ц/га. Следует справедливо заметить, что разница составила 13,7 ц/га, что в процентном соотношении равно 46,1%. В 2019 году была сформирована максимальная урожайность 18,3-31, ц/га. Белгородская область по-прежнему опередила РФ по данному показателю на 42,1%. В 2020 году средняя урожайность по РФ составила 15,9 (-2,4 ц/га), на 13,2% меньше, чем в предыдущем году, а в Белгородской области на 11,4 ц/га (4,3 ц/га), меньше на 8,1%. Средняя урожайность подсолнечника в Белгородской области значительно выше этого показателя в целом по России.

Следует помнить о низкой стойкости убранных семян подсолнечника. В первую очередь при хранении подсолнечника химическим изменениям при повышенной температуре, влажности и засоренности подвергаются жиры, во вторую очередь – белки.

Высокомасличные сорта и гибриды подсолнечника имеют низкую стойкость при хранении. Физиолого-биологические процессы проходят более интенсивно. Также гибриды отличаются и структурно-механическими свойствами семян подсолнечника. Высокомаслич-

ные семена с повышенной влажностью не хранятся даже несколько часов. Они подвергаются порче, самосогреванию и становятся не пригодными для получения высококачественного масла [7].

Очень большое негативное влияние на показатели качества и химический состав подсолнечника оказывает такая биологическая особенность как неравномерное созревание семян в корзине на одном растении. Проводя визуальный осмотр, видна разница по величине, влажности, степени спелости семян подсолнечника [6].

Важно помнить, что не благо важная задача, которая стоит перед специалистами аграрного производства – не только вырастить высокий урожай, но и сохранить его с минимальными потерями. При нарушении правил хранения семян подсолнечника потери могут достигать 15% [3].

Таблица 1 - Показатели качества семян подсолнечника

Наименование показателя	Значение показателя для подсолнечника класса		
Состояние	В здоровом состоянии, без самосогревания или теплового повреждения во время сушки		
Цвет	Свойственный нормальному цвету семян подсолнечника соответственно определенным сортовым признакам		
Запах	Свойственный здоровым семенам подсолнечника (без постороннего, затхлого и плесневого запахов)		
Массовая доля влаги, %	6,0-8,0		
Массовая доля масла в пересчете на сухое вещество, %, не менее	50,0	45,0	40,0
Кислотное число масла, мг КОН/г, для семян, не более	1,3	2,2	5,0
Масличная примесь, %, не более,	3,0	5,0	7,0
в том числе проросшие семена	1,0	2,0	3,0
Сорная примесь, %, не более,	1,0	2,0	3,0
в том числе:			
испорченные семена	0,2	0,5	1,0
минеральная примесь	0,3	0,5	0,5
в числе минеральной примеси:			
галька, шлак, руда	0,15	0,3	0,3
вредная примесь:			
семена клещевины	Не допускаются		

Большое значение на формирование урожайности подсолнечника оказывают почвенно-климатические условия, погода во время уборки, сроки хранения и типы зернохранилищ. В связи с тем, что масличные культуры содержат большое количество жира в семенах, который не способен связывать и сохранять влагу как белки и крахмал. Причиной высокой скорости самосогревания обусловлена большим выделением тепла при окислительных процессах, происходящих в семянках подсолнечника.

Повышенная влажность и температура хранящегося подсолнечника приводит к быстрому переходу семян. На технологию хранения влияет ряд ключевых факторов: назначение партии семян, качественные характеристики подсолнечника, климатические условия местности произрастания и хранения семян, время и погодные условия сборки урожая подсолнечника, сроки хранения, технические характеристики и тип зернохранилища, экономические факторы. Однако, чтобы получить качественную продукцию, нужно уделить не малое значение качеству и хранению семян подсолнечника.

Результаты. Технология и правила хранения семян подсолнечника регламентируется рядом законодательных актов, в частности, в Российской Федерации – это ГОСТ 22391-2015 «Подсолнечник. Технические условия» [2].

Семена подсолнечника подразделяют на три класса в соответствии с требованиями, указанными в таблице 1.

Семена подсолнечника 1-го, 2-го и 3-го классов, предназначенные для производства масла, а также партии, выращенные без использования пестицидов и предназначенные для

производства детского питания, кондитерского производства хранят отдельно в условиях, исключающих их смешивание. Отдельному хранению подлежат партии семян, пораженные белой или серой гнилью [5].

Ввиду высокого содержания жира хранить семена подсолнечника сложнее зерна злаковых культур. Как известно, жир в отличие от белка и крахмала не способен связывать и сохранять влагу. Во влажных семенах подсолнечника самосогревание происходит быстрее, чем у семян зерновых, поскольку в процессе окисления жира выделяется больше тепла, чем при окислении крахмала [4].

В свою очередь, самосогревание резко снижает качества семян – ядро темнеет, семена покрываются плесенью, приобретают затхлый запах, горький вкус, увеличивается кислотность, снижается схожесть, развиваются термофильные бактерии, что может повлечь 100% дефектность семян.

Таким образом, если сухие вызревшие семена хранят при низкой температуре, они пребывают в состоянии покоя, которое характеризуется снижением всех жизненных функций. При повышенной влажности и температуре семена переходят в состояние интенсивной жизнедеятельности. Поэтому семена подсолнечника хранят в условиях с влажностью менее 7% и температурой не выше +10°C [6].

Обработка семян подсолнечника антиоксидантами снижает интенсивность дыхания и тепловыделения, что положительно влияет на его посевные и технологические характеристики, уменьшает энергетические затраты на хранение.

На сроки хранения семян подсолнечника влияет не только влажность, но и повышенное содержание лущеных и битых семян, которые быстрее плесневеют. Битые и лущеные семена относят к примесям. На длительное хранение в зернохранилища без активного вентилирования закладывают семена подсолнечника с влажностью не более 7,0% и засоренностью не более 2,0%, на временное хранение (сроком до 1 месяца) – семена подсолнечника с влажностью не более 9,0% и засоренностью не более 3,0% при условии их активного вентилирования. Семена подсолнечника с влажностью более 7,0% должны храниться на токах не более 1 суток [8]. Нормы зависят от сорта, способа и срока (3, 6 месяцев и 1 год) хранения партий семян на и приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Нормы естественной убыли семян и семян подсолнечника при хранении, %

Культура	Средний срок хранения	В складах		На приспособленных площадках
		насыпью	в таре	
Подсолнечник	3 мес.	0,278	0,175	0,299
	6 мес.	0,353	0,218	-
	1 год	0,428	0,293	-

Гарантийный срок хранения семян подсолнечника – шесть месяцев со дня закладки на хранение. После окончания гарантийного срока хранения качество семян проверяют на предмет соответствия стандарту, в случае позитивных результатов анализа срок хранения продлевают.

Одной из главных задач, стоящей перед сельскохозяйственными предприятиями, является замедление биологических процессов, протекающих в зерне и сохранение урожая.

Каждое растение требует определённого ухода, как в процессе выращивания (определённая температура, поддержание достаточной влажности, уничтожение сорняков, вредителей), так и в процессе хранения (необходимо очистить семена от сорной примеси, провести сушку семян, если это необходимо, разместить в складе, затем провести тщательную обработку семян, протравливание).

При несоблюдении определённой температуры и влажности при хранении семян, негативным изменениям подвергается химический состав, а именно жиры и белки. А также наблюдается ряд ухудшений, например: ядро семени подсолнечника становится тёмным, появляется горький вкус, повышается кислотность, затхлый запах. Кроме того, при несоответствующем хранении семена могут потерять всхожесть. При несвоевременном обеззаражива-

нии и протравливании развиваются термофильные бактерии, при этом может пострадать и стать дефектной вся партия семян. Поэтому так важно соблюдать все технологические операции своевременно, при этом поддерживать оптимальную влажность и температуру на каждом этапе послеуборочной обработки.

Подсолнечник убирают в фазе хозяйственной спелости, когда в его посевах не менее 87% желто-бурых и сухих корзинок, при влажности 7-12%, однако осенние осадки повышают этот показатель, поэтому важно в течении 7-8 часов после уборки провести двухкратную очистку и сушку семян, иначе произойдет самосогревание – весьма негативный процесс, характеризующийся активным развитием микроорганизмов, интенсивным «дыханием», вследствие чего происходит порча качества семян подсолнечника [9].

Стоит отметить, что самосогревание протекает с активным окислительным процессом, в результате чего выделяется вода в виде испарения и тепло. В результате быстрого развития бактерий вышеупомянутые условия являются хорошей средой для их жизнедеятельности, процесс самосогревания приобретает автономность и захватывает всю партию семян.

У подсолнечника более высокая степень дыхания, чем у других культур. Хочется отметить, что на интенсивность окислительных процессов, происходящих в семени, влияет степень масличности подсолнечника. Самосогревание в основном у всех культур протекает примерно одинаково, но всё же есть некоторые особенности. Так, например у зерновых культур максимальной температурой, при которой продукция приходит в негодность и приобретает тёмный, даже чёрный цвет, является 90°.

У масличных же культур, к которым относится подсолнечник, процесс самосогревания происходит в 2 стадии. Причём температура перехода из биологического этапа в этап химический примерно 55°. Уже на этой стадии семена непригодны, так как развиваются термофильные бактерии, оболочки темнеют и усиливается затхлый запах, ядро жёлтое, вкус семян становится более горьким.

Опасность химической стадии самосогревания в том, что нередко случается возгорание продукции и, её полное уничтожение. Суть этого этапа в гидролизе масла, так как продукция «дышит», то она выделяет воду, а молекулы глицерида, содержащиеся в масле семян, связываются с водой и расщепляются на более простые элементы. Этот процесс протекает при очень высоких температурах, отсюда и возгорание. При протекании гидролиза побочным продуктом является газ, в результате происходит возгорание продукции с взрывом [10].

Также хочется отметить, что при окислении масла увеличивается кислотное число в среднем на 0,5% за довольно короткий срок, поэтому при закладывании продукции на хранение кислотное число не должно превышать 1, 3 КОН/кг, в противном случае продукция неминуемо испортится. Следует помнить о поддержании оптимальной температуры, так как повышение значения кислотного числа в масле является следствием повышения температуры и нагревания семян.

Выводы. Таким образом, чтобы сохранить продукцию с минимальными потерями, нужно стараться поддерживать оптимальную температуру (10°С) и влажность (7%). В случае повышения этих показателей создаётся благоприятная среда для развития микроорганизмов, начинаются окислительные и гидролитические процессы. Кроме того, семена могут прорасти.

Увеличение объемов производства подсолнечника является одной из актуальнейших проблем сельского хозяйства в последние годы, так как нашей стране это основная масличная культура. Изучив требования хранения такой масличной культуры, как подсолнечник, можно смело сказать, что от того, как соблюдаются условия хранения семян, зависит количество и качество сырья. На хлебоприемных предприятиях необходимо пользоваться нормами естественной убыли, где учитывают изменение массы за счет влажности зерна по приходу и расходу.

Библиография

1. ГОСТ 1129-2013. Масло подсолнечное. Технические условия – Введ. 01.07.2014. – Изд-во стандартов, 2014. – 7с.
2. ГОСТ 22391-2015 Подсолнечник. Технические условия. – Введ. 01.07.89, -М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 5 с.

3. Журавлев А.П. Современные технологии послеуборочной обработки и хранения семян подсолнечника. В сборнике Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: качество и безопасность сырья и продовольственных товаров. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию технологического факультета. 2014. С. 25-32.

4. Ключкин В.В., Ксандопуло С.Ю., Арутюнян Н.С., Копейковский В.М. Послеуборочное дозревание и хранение высокомасличного подсолнечника. Масло-жировая промышленность. Приложение к журналу «Пищевая промышленность». 1980. № 11. С. 12-17.

5. Комышник, Л.Д. Сушка и хранение семян подсолнечника / Л.Д. Комышник, А.П. Журавлев, Ф.М. Хасанова // М. : Агрпромиздат. – 2002. – 95 с.

6. Манжесов, В.И. Технология хранения, переработки и стандартизации растениеводческой продукции / В.И. Манжесов, И.А. Попов, Д.С. Щедрин, С.В. Калашникова, Т.Н Тертычная, Н.Н. Хабаров, Е.Е. Курчаева, М.Г. Сысоева // СПб. : Троицкий мост. – 2010. – 704 с. 76.

7. Сидельникова Н.А., Масловская Н.А. Основные факторы, определяющие развития конкурентности масложирового подкомплекса в России / Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий-2020. – № 12. – С. 27-34.

8. Смирнгова В.В., Сидельникова Н.А., Дубровский А.А. Технология производства и переработки семян подсолнечника в Белгородской области – Белгород : ИПЦ «Полиterra», 2018. – 199с. ISBN 978-98242-254-5.

9. Титова Е.Н. Хранение подсолнечника повышенной влажности. В сборнике: Вклад молодых ученых в аграрную науку. Сборник научных трудов по результатам Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и студентов. 2013. С. 382-389.

10. Трубилин А.И., Гайдук В.И., Кондрашова А.В. Эффективность инноваций при производстве и хранении подсолнечника в агропредприятиях Краснодарского края Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 45. С. 65-71.

References

1. GOST 1129-2013. Sunflower oil. Specifications – Int. 07/01/2014. – Publishing house of standards, 2014. – 7s.

2. GOST 22391-2015 Sunflower. Technical conditions. – Introduce. 07/01/89, – М. : ИПК Publishing house of standards, 2001. – 5 p.

3. Zhuravlev A.P. Modern technologies of post-harvest processing and storage of sunflower seeds. In the collection Technology of storage and processing of agricultural products: quality and safety of raw materials and food products. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 20th anniversary of the Faculty of Technology. 2014. S. 25-32.

4. Klyuchkin V.V., Ksandopulo S.Yu., Arutyunyan N.S., Kopeikovsky V.M. Post-harvest ripening and storage of high-oil sunflower. Oil and fat industry. Supplement to the magazine "Food Industry". 1980. No. 11. S. 12-17.

5. Komyschnik, L.D. Drying and storage of sunflower seeds / L.D. Komyschnik, A.P. Zhuravlev, F.M. Khasanova // М. : Agropromizdat. – 2002. – 95 p.

6. Manzhesov, V.I. Technology of storage, processing and standardization of crop production / V.I. Manzhesov, I.A. Popov, D.S. Shchedrin, S.V. Kalashnikova, T.N Tertychnaya, N.N. Khabarov, E.E. Kurchaeva, M.G. Sysoeva // St. Petersburg. : Troitsky Bridge. – 2010. – 704 p. 76.

7. Sidelnikova N.A., Maslovskaya N.A. The main factors determining the development of competitiveness of the fat-and-oil subcomplex in Russia / Economy of agricultural and processing enterprises – 2020. – № 12. – С. 27-34.

8. Smirngova V.V., Sidelnikova N.A., Dubrovsky A.A. Technology of production and processing of sunflower seeds in the Belgorod region – Belgorod : IPC "Polyterra", 2018. –199p. ISBN 978-98242-254-5.

9. Titova E.N. Storage of high humidity sunflower. In the collection: The contribution of young scientists to agricultural science. Collection of scientific papers based on the results of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduates, Masters and Students. 2013. S. 382-389.

10. Trubilin A.I., Gaiduk V.I., Kondrashova A.V. The effectiveness of innovations in the production and storage of sunflower in agricultural enterprises of the Krasnodar Territory. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2013. No. 45. S. 65-71.

Сведения об авторах

Сидельникова Наталья Анатольевна, 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: 8861676@gmail.com

Information about authors

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, 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: 8861676@gmail.com

УДК 631.82(613.636)

А.В. Ситников, С.М. Кириллова, Л.Г. Шарова, В.Г. Михайлов

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СПОСОБА ОБРАБОТКИ НА ТОМАТЫ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Аннотация. В настоящей статье представлены результаты ультразвукового распыления регуляторов роста на основе экзогенных клеточных метаболитов таких как, янтарной кислоты, лизина, витаминов группы В₁ и В₆ на листья томата сорта Розарио F1 до цветения, в фазе завязывания 1-й – 2-й кистей в условиях закрытого грунта по малообъемной гидропонной технологии. Исследования проводили в течение весенне-летних оборотов с 2019 по 2021 годы на базе Закрытого акционерного общества тепличный комбинат «Высоковский» (Костромская область). Распыляя янтарную кислоту площадь листа у томата по сравнению с контролем превышала на 0,029-0,057 м²; в опыте с янтарной кислотой + лизин этот показатель составил 0,040-0,071 м² и при комплексе янтарная кислота 0,005 г/л + лизин 0,001 г/л + витамин В₆ 0,002 г/л соответственно на 0,061-0,072 м². Кроме того, установлено увеличение массы плодов томатов по сравнению с контролем. Так, янтарная кислота повышает массу плодов на 27-29 г; янтарная кислота + лизин способствует увеличению на 39-61 г, а комплекс янтарная кислота + лизин + витамин В₆ + витамин В₁ позволяет получить плоды массой 217-239 г, что превышает контрольные на 58-73 г. Дополнительно в результате обработки подавляется развитие грибковых, бактериальных и вирусных фитопатогенов. Это позволяет снижать пестицидную нагрузку при защите томатов от патогенов в защищенном грунте в условиях гидропонного выращивания и получать экологически безопасную овощную продукцию.

Ключевые слова: ультразвуковое распыление, регуляторы роста, томаты сорта Розарио F1, защищенный грунт, гидропонная технология, площадь листа, масса плода

EFFECT OF ULTRASONIC METHOD OF PROCESSING ON TOMATOES UNDER CONDITIONS OF PROTECTED SOIL

Abstract. This article presents the results of ultrasonic spraying of growth regulators based on succinic acid, lysine, vitamins B₁ and B₆ on tomato leaves of the Rosario F1 variety before flowering, in the phase of setting the 1st - 2nd brushes in a closed ground using low-volume hydroponic technology. The studies were carried out during the spring-summer turnover from 2019 to the present on the basis of the Vysokovsky greenhouse plant (Kostroma region), a closed joint-stock company. Spraying succinic acid, the leaf area of the tomato in comparison with the control exceeded by 0,029-0,057 m²; in the experiment with succinic acid + lysine, this indicator was 0,040-0,071 m² and with the complex succinic acid 0,005 g/l + lysine 0,001 g/l + vitamin B₆ 0,002 g/l, respectively, by 0,061-0,072 m². In addition, an increase in the mass of tomato fruits was found in comparison with the control. Thus, succinic acid increases the weight of fruits by 27-29 g; succinic acid + lysine increases by 39-61 g, and the complex succinic acid + lysine + vitamin B₆ + vitamin B₁ allows to obtain fruits weighing 217-239 g, which exceeds the control by 58-73 g. Additionally, as a result of processing, the development of fungal, bacterial and viral phytopathogens. This makes it possible to reduce the pesticide load while protecting tomatoes from pathogens in greenhouses under hydroponic growing conditions and to obtain environmentally friendly vegetable products.

Keywords: ultrasonic spraying, growth regulators, Rosario F1 tomatoes, protected ground, hydroponic technology, leaf area, fruit weight

Введение. Развивающейся тенденцией оптимизации технологических процессов в агропромышленном комплексе является применение новых способов обработки растений. Одним из таких способов является ультразвуковое распыление, т.е. распыление жидкостей за счет использования энергии механических колебаний ультразвуковой частоты высокой интенсивности [1, 2].

По сравнению с существующими способами распыления ультразвуковое распыление имеет ряд неоспоримых преимуществ [2, 3]:

- высокую продуктивность;
- низкую энергоемкость;
- обеспечение мелкодисперсного орошения;
- получение монодисперсного распыления;
- возможность распыления высоковязких жидкостей (без предварительного снижения их вязкостей с помощью различных растворителей).

В широких масштабах ультразвуковой способ распыления жидкостей пока не нашел применения. Это в первую очередь связано с зависимостью продуктивности распыления от свойств распыляемой жидкости, приводящей к необходимости подбора нужной величины ультразвукового воздействия для каждой распыляемой жидкости в зависимости от ее свойства, площади распыляющей поверхности и требуемой производительности распыления. На сегодняшний день подбор требуемой величины ультразвукового воздействия осуществляется по косвенным признакам, ввиду недостаточности знаний о процессах, происходящих в распыляемой жидкости и их взаимном влиянии. Поэтому, нельзя определить оптимальные условия распыления, что вызывает ухудшение дисперсных характеристик образующихся капель жидкости, и сложность обеспечения монодисперсного распыления (а в ряде случаев и к несостоятельности поддержания самого процесса распыления) жидкости при изменяющихся условиях течения технологического процесса (низкие отрицательные и высокие положительные температуры, вязкость жидкости, продуктивность распыления) [2, 3].

Несмотря на важность обозначенной проблемы, в настоящее время существует крайне мало теоретических исследований и практических наработок, позволяющих ее решить. Таким образом, задача изучения степени влияния свойств жидкости на процесс ее распыления и определения необходимых параметров ультразвукового воздействия является весьма актуальной [1-3].

Вопросы применения ультразвука рассматриваются в растениеводстве не так долго – последние 20 лет. В основном ультразвук используется для улучшения посевных качеств семян и ускорения развития корневой системы при укоренении черенков, обосновывая это ультразвуковым капиллярным эффектом [1, 2].

Установлено, что ультразвуковая обработка зерна и семян перед посевом ускоряет процесс прорастания, увеличивает урожайность различных сельскохозяйственных культур в среднем на 20-40%. Так, обработанные ультразвуком зерна дают всходы в среднем на двое-трое суток раньше, чем контрольные посадки. Количество зерен и длина колоса в нем увеличивается на 30%, а количество стеблей одного растения возрастает на 25-30%.

Механизм ультразвукового воздействия на зерна и семена до конца не изучен. Очевидно только, что ультразвук способен стимулировать жизненную энергию, заложенную окружающей средой в каждую сельскохозяйственную культуру.

Обработка семян томатов ультразвуком позволила выявить:

- ускорение роста;
- увеличение количества плодов;
- быстроту созревания плодов.

Проведенный анализ биохимического состава плодов томатов показал, что обработанные ультразвуком томаты содержали большее количество витаминов по сравнению с контрольными томатами.

В результате множества исследований установлено, что в «озвученных» семенах растений значительно повышается ферментативная активность. Ультразвук изменяет структуру молекул и аминокислот, и ускоряет окислительные процессы [3].

Целью наших исследований является оценка способа обработки вегетирующих растений, основанного на ультразвуковом распылении веществ-регуляторов роста и средств защиты томатов в условиях защищенного грунта.

Материалы и методы. Исследования проводили с 2019 по 2021 годы на томатах сорта Розарио F1 в условиях закрытого грунта по малообъемной гидропонной технологии на базе Закрытого акционерного общества тепличный комбинат «Высоковский» (Костромская область).

В качестве ультразвуковой установки получения аэрозоля в экспериментальном исследовании применяли ультразвуковой распылитель «Туман – Н». Распыляемая жидкость при ультразвуковом способе переходит в аэрозольное состояние за счет увеличения поверхностной энергии пленки жидкости, которое достигается путем наложения на нее механических колебаний высокой интенсивности ультразвуковой частоты.

Способность изменять размер частиц, получать однородный по размерам капле аэрозоль регулятора роста и средств защиты растений и корректировать производительность процесса – основные требования, предъявляемые к ультразвуковым распылителям для достижения высокого обрабатываемого эффекта.

Томаты высаживали в теплице размером 6х3 метра (площадь 18 м²), в три грядки, которые с целью экономии полезного пространства объединяли в противоположном входу торце. Схема посадки 80+50 или 90+50см, расстояние между растениями в ряду 30-35 см. При этой схеме на 1 кв. м. приходится 2,5-2,8 растений. Формируют растения в 1-2 стебля, оставляя на обоих стеблях от 7-8 до 12 кистей. После этого верхушку куста прищипывают, оставляя 2-3 листочка над последней кистью. Сразу после посадки рассаду поливают теплой водой (24-26°С), расходуя 2-3 л/м².

Результаты и их обсуждение. В течение весенне-летних оборотов 2019-2021 гг. изучалось воздействие экзогенных клеточных метаболитов, таких как янтарная кислота, аминокислота – лизин, а также витамины группы В₁, В₆. Способ обработки растений – ультразвуковой с использованием представленных растворов. Янтарная кислота служит импульсом для прорастания семян и роста проростков, активизирует энергетический обмен в прорастающих семенах, способствует активности гидролитических ферментов. Под влиянием янтарной кислоты в растениях возрастает концентрация аскорбиновой кислоты и пигментов антоцианов. Она является частью сигнальной системы в фотоморфогенезе, инициируемой фитохромом, благодаря которому активируется синтез аскорбиновой кислоты и пигментов антоцианов, участвующих в окислительно-восстановительных процессах клетки.

Аминокислота лизин имеет незаменимое значение в биосинтезе белка, проявляет противовирусную активность, способствует снижению уровня липидов.

Витамин группы В – В₆ принимает участие в обмене веществ, где фосфорилируется, трансформируется в пиридоксаль-5-фосфат и включается в состав ферментов, которые осуществляют различные химические реакции, в том числе декарбоксилирование, переаминирование и рацемизацию аминокислот, ферментативное превращение серосодержащих и гидроксильированных аминокислот. Участвует в обмене незаменимых аминокислот (метионин, триптофан, цистеин, глутаминовой и других аминокислот).

Витамин группы В – В₁ играет существенную роль в метаболизме белков, жиров и углеводов, устойчив в кислых растворах, а в щелочных разрушается.

Вегетативное состояние овощной культуры – одно из главных условий формирования урожая. Один из важнейших показателей вегетативного состояния растений – это размер и площадь листового аппарата [4-6]. В этой связи, изучаемые вещества оказали влияние на показатели площади листьев томата сорта Розарио F1 (табл.1).

Таблица 1 - Воздействие регуляторами роста ультразвуковым способом обработки томатов на величину площади листа, м²/растение

Вещества	Монарх F1	Розарио F1	Различие	
	м ²	м ²	%	%
Контроль (вода)	1,663	1,754	100	100
Янтарная кислота (0,005 г/л)	1,692	1,811	102	103
Янтарная кислота + лизин (0,001 г/л)	1,703	1,825	102	104
Янтарная кислота + лизин + витамин В ₆ (0,002 г/л) + витамин В ₁ (0,002 г/л)	1,724	1,826	103	104

Обработка регуляторами роста по листу проводилась до цветения, в фазе завязывания 1-й – 2-й кистей. Так, используя янтарную кислоту 0,005 г/л площадь листа у томата по сравнению с контролем превышала на 0,029-0,057 м²; в опыте с янтарной кислотой + лизин 0,001

г/л этот показатель составил 0,040-0,071 м² и при комплексе янтарная кислота 0,005 г/л + лизин 0,001 г/л + витамин В₆ 0,002 г/л соответственно на 0,061-0,072 м².

Следует отметить, что исследуемые вещества под влиянием ультразвука оказывают благоприятное воздействие на ростовое развитие листового аппарата в зависимости от генетических особенностей сортов и гибридов томатов. Так, у Розарио F1 площадь листового аппарата превосходит таковую у Монарх F1 на 0,122-0,138 м² в среднем на растение. Таким образом, лучший результат получен при использовании комплекса веществ с использованием ультразвука.

Практическое значение рассматриваемых экзогенных веществ как регуляторов роста имеет продуктивность томатов в условиях защищенного грунта при гидропонной технологии.

Используемые в опытах томаты характеризуются среднеплодностью: Розарио F1 – средняя масса плодов достигает 159 г, а у Монарх F1 166 г, соответственно.

В этой связи нами проведена оценка влияния исследуемых веществ на массу плодов (табл.2).

Таблица 2 - Масса плодов томатов (X+m), г

Вещества	Розарио F1	Монарх F1	К контролю			
	n=100	n=100	%	%	г	г
Контроль (вода)	159+23	166+19	100	100	-	-
Янтарная кислота	186+19	195+26	117	117	27	29
Янтарная кислота + лизин	198+24	227+25	125	137	39	61
Янтарная кислота + лизин + витамин В ₆ + витамин В ₁	217+18	239+31	136	144	58	73

Из приведенных показателей установлено, что использование исследуемых веществ ультразвуковым способом для обработки томатов по листу способствует увеличению массы плодов по сравнению с контролем. Так, янтарная кислота повышает массу плодов на 27-29 г; янтарная кислота + лизин способствует увеличению на 39-61 г, а комплекс янтарная кислота + лизин + витамин В₆, + витамин В₁ позволяет получить плоды массой 217-239 г, что превышает контрольные на 58-73 г.

Таким образом, увеличение массы плодов томатов под влиянием обработки растений ростовыми веществами по листу ультразвуковым способом сохраняется до окончания вегетационного периода как с 1-й, 2-й и последующих кистей, так и в расчете на 1 м² площади. По всей вероятности, это связано с ультразвуковым капиллярным эффектом. Следует отметить, что используемые вещества и ультразвуковое их распыление подавляют развитие грибковых, бактериальных и вирусных фитопатогенов. Это позволяет снижать пестицидную нагрузку при защите томатов от патогенов в защищенном грунте в условиях гидропонного выращивания и получать экологически безопасную овощную продукцию.

Библиография

1. Хмелев В.Г., Шалунов А.В., Шалунова А.В. Ультразвук. Распыление жидкостей: монография. – Бийск : Изд-во Региональное отделение Алтайского края Общероссийской общественной организации писателей «Общероссийское литературное сообщество», 2017. 272 с.
2. Хмелев В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве / В.Н. Хмелев, Г.В. Леонов (и др.). – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2007. 400 с.
3. Ультразвуковые приборы «УЗО» в растениеводстве, овощеводстве, цветоводстве / Сельское хозяйство России. ПКФ Авангард <http://www.avangard-agva.ru> РФ (просмотрено 15.09.2021).
4. Олива Т.В., Лицуков С.Д., Панин С.И., Проскурина Е.Н. Оптимизация продуктивности и качества томата защищенного грунта // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018 г. № 2 (18) С. 92-105.
5. Коцарева Н.В., Быков И.А. Научные основы производства овощей в Белгородской области // Бюллетень научных работ Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина. 2009. № 17. С. 9-12.

6. Лушпина Т.Н., Коцарева Н.В. Влияние биологического препарата на хозяйственно ценные признаки зеленых культур в защищенном грунте в книге: Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы. Материалы XXII международной научно-производственной конференции. 2018. С. 79-80.

References

1. Khmelev V.G., Shalunov A.V., Shalunova A.V. Ultrasound. Spraying liquids: monograph. – Biysk : Publishing house of the Regional branch of the Altai Territory of the All-Russian public organization of writers "All-Russian literary community", 2017. 272 p.
2. Khmelev V.N. Ultrasonic multifunctional and specialized devices for the intensification of technological processes in industry, agriculture and household / V.N. Khmelev, G.V. Leonov (and others). – Barnaul : AltSTU Publishing House, 2007. 400 p.
3. Ultrasonic devices "UZO" in plant growing, vegetable growing, floriculture / Agriculture of Russia. PKF Avangard [http:// www. avangard - agva.ru](http://www.avangard-agva.ru) RF (viewed 15.09.2021).
4. Oliva T.V., Litsukov S.D., Panin S.I., Proskurina E.N. Optimization of productivity and quality of protected ground tomatoes // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2018. №. 2 (18) 92. S. 92-105.
5. Kotsareva N.V., Bykov I.A. Scientific bases of vegetable production in the Belgorod region // Bulletin of scientific works of the Belgorod State Agricultural Academy named after V.Ya. Gorin. 2009. №. 17. S. 9-12.
6. Lushpina T.N., Kotsareva N.V. The influence of a biological product on economically valuable traits of green crops in greenhouses in the book: Organic agriculture: problems and prospects. Materials of the XXII international scientific and industrial conference. 2018. S. 79-80.

Сведения об авторах

Ситников Алексей Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель кафедры агрохимии, биологии и защиты растений ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромская обл., Костромской район, п. Караваево, Тел.: 8-960-741-15-55, E-mail: sitnicov44@me.com

Кириллова Светлана Михайловна, соискатель ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромская обл., Костромской район, п. Караваево, Тел.: 8-916-370-38-15, E-mail: SvetlanaKirillova24@mail.ru

Шарова Лариса Геннадьевна, доктор биологических наук, профессор кафедры частной зоотехнии ФГБОУ ВО Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Костромская обл., Костромской район, п. Караваево, Тел.: 8-910-929-00-18, E-mail: SvetlanaKirillova24@mail.ru

Михайлов Владимир Геннадьевич, кандидат медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник Научный центр Минобороны России, г. Москва, Тел.: 8-499-260-10-13, E-mail: SvetlanaKirillova24@mail.ru

Information about authors

Sitnikov Alexey Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Lecturer at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection FSBOU VO Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma region, Kostroma district, village Karavaevo, Tel.: 8-960-741-15-55, E-mail: sitnicov44@me.com

Kirillova Svetlana Mikhaylovna, applicant FSBOU VO Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma region, Kostroma district, village Karavaevo, Tel.: 8-916-370-38-15, E-mail: SvetlanaKirillova24@mail.ru

Sharova Larisa Gennadjevna, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Private Animal Science FSBOU VO Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma region, Kostroma district, village Karavaevo, Tel.: 8-910-929-00-18, E-mail: SvetlanaKirillova24@mail.ru

Mikhaylov Vladimir Gennadjevich, Candidate of Medical Sciences, associate professor, leading researcher Scientific Center of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Tel.: 8-499-260-10-13, E-mail: SvetlanaKirillova24@mail.ru

УДК 631.147:631.412:631.559

С.И. Смуров, С.Н. Зюба, О.В. Григоров, Д.А. Михайлов

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ТРАДИЦИОННОГО К ОРГАНИЧЕСКОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

Аннотация. В статье сравниваются и обсуждаются две технологии земледелия – органическая и традиционная. Исследования проводились в лаборатории по изучению систем земледелия Белгородского ГАУ. Целью исследований являлось оценка двух технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Акцентировано внимание на урожайности культур севооборотов, которые без применения минеральных удобрений и средств химической защиты растений в переходной период имеют достаточно высокие показатели. Рассмотрена необходимость внедрения новой технологии для производства органической продукции отвечающим требованиям, предъявляемым в Федеральном законе Российской Федерации об органической продукции и в соответствующих государственных стандартах. Сделана оценка влияния органической технологии на запасы продуктивной влаги перед посевом и перед уборкой культур, а также агрофизические свойства почвы. В переходный период от традиционной технологии выращивания сельскохозяйственных культур к органической необходимо решить ряд задач, касающихся работы с почвой. Установлено, что при использовании методов органической системы земледелия в сравнении традиционной технологией возделывания наибольшие потери в качестве продукции были отмечены у озимой пшеницы. Хозяйственно-полезные показатели собранной продукции у яровой пшеницы и подсолнечника практически не снижались. Уровень продуктивности культур, возделываемых в условиях органического земледелия, не следует расценивать как отрицательный результат, потому что для органического сельского хозяйства не является первоочередной задачей получение высоких урожаев. Экологическая чистота и продовольственная безопасность населения на фоне сохранения окружающей среды считаются главной задачей. Считаем некорректным оценивать качество почвы только по критериям её плодородия с позиции получения максимальной продуктивности и прибыли.

Ключевые слова: Органическая технология, традиционная технология, севооборот, сидеральный пар, озимая пшеница, подсолнечник, яровая пшеница, урожайность, влажность почвы, плотность почвы, структурно-агрегатный состав.

CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF TYPICAL CHERNOZEM AND CROP PRODUCTIVITY DURING THE TRANSITION FROM TRADITIONAL TO ORGANIC AGRICULTURE

Abstract. The article compares and discusses two farming technologies - organic and traditional. Research was carried out in laboratories for the study of farming systems of the Belgorod State Agrarian University. The aim of the research was to evaluate two technologies for the cultivation of agricultural crops. Attention is focused on the productivity of crops of crop rotation, which, without the use of mineral fertilizers and chemical plant protection agents, have rather high indicators in the transition period. The necessity of introducing new technology for the production of organic products in order to provide the population with high-quality food products that meet the requirements of Federal Law of the Russian Federation on Organic Products and in the relevant state standards. The positive influence of organic technology on the reserves of productive moisture before sowing and before harvesting crops, as well as the agrophysical properties of the soil is presented. A number of measures for the continuous maintenance and reproduction of soil fertility are listed. In the transition period from the traditional technology of growing crops to organic, it is necessary to solve a number of problems related to working with the soil. It was found that when using the methods of the organic farming system in comparison with the traditional cultivation technology, the greatest losses in product quality were observed in winter wheat. The economic and useful indicators of the collected products of spring wheat and sunflower practically did not decrease. The level of productivity of crops cultivated under organic farming conditions should not be regarded as a negative result, because for organic agriculture it is not a priority to obtain high yields. Environmental cleanliness and food security of the population against the background of environmental conservation are considered the main task. We consider it incorrect to assess the quality of the soil only by the criteria of its fertility from the standpoint of obtaining maximum productivity and profit.

Keywords: Organic technology, traditional technology, crop rotation, green manure fallow, winter wheat, sunflower, spring wheat, yield, soil moisture, soil density, structural and aggregate composition.

Введение. В настоящее время в научных кругах появилось беспокойство по поводу сверхвысоких доз внесения минеральных удобрений, пестицидов, использования сложных машин, ухудшающих агрофизические свойства почвы. Часто бесконтрольное внесение минеральных удобрений и пестицидов, нерациональное использование жидкого и полужидкого

перегноя в крупных животноводческих комплексах приводило к загрязнению водоемов, питьевой воды и продуктов питания [4, 5, 10].

Эти и другие отрицательные последствия химизации земледелия сделали популярной теорию так называемого биологического (органического), земледелия, суть которой – необходимость восполнения вынесенных питательных веществ путем интенсификации биологического севооборота [3, 10].

Органическое земледелие на современном этапе развития общества – это особая наукоёмкая технологическая система земледелия, экологически дружелюбная в отношении почвенной экосистемы. Органическое земледелие полностью соответствует понятию и смыслу устойчивого развития земледелия, сельскохозяйственного производства и охраны окружающей среды [7].

В органическом земледелии получать высокие урожаи рекомендуется исключительно с помощью органических удобрений и биологического азота, внедрения правильных севооборотов с обязательным травосеянием и максимально широким применением зеленых удобрений. Защита от вредных организмов основана преимущественно на профилактических и биологических методах, на конкуренции, щадящих механических обработках и на не тотальном истреблении вредоносных объектов [5, 6].

Органическое земледелие – это инновационная производственная система, которая сочетает в себе традиционные методы, новейшие технологии, а также современные научные и технические разработки, которые оказывают положительное воздействие на окружающую среду [4, 5, 13].

В настоящее время органическое земледелие нашло множество сторонников во всем мире. Его цель – это производство продукции растениеводства без нарушения экологического баланса в природе и производство полезных для здоровья человека высококачественных продуктов питания в достаточном количестве [4, 5, 10-12, 14, 15]. Это достигается путем исключения из арсенала земледельца сильнодействующих антропогенных воздействий на почву, растения и другие компоненты агробиоценозов – концентрированных минеральных удобрений, мелиорантов, пестицидов и др. [1, 8].

Ключевой проблемой в органическом земледелии является воспроизводство плодородия почвы, основа которого – пополнение ресурсов органического вещества. Она может быть решена путем наиболее полного использования солнечной энергии для образования растительной массы, вовлечения ее максимально возможного количества в биологический круговорот. В связи с этим особенно актуальным становится использование в качестве ресурсов органики не только навоза, но и сидератов, растительных остатков возделываемых культур. При этом большое значение приобретает способность этих культур образовывать максимальное количество растительной массы, поступающей в почву [2, 3, 9].

Материалы и методы исследований. Закладка стационара по изучению органического земледелия начата в 2019 году с освоения севооборота со следующим чередованием культур по полям: многолетние бобовые травы на сидерат; озимая пшеница, пожнивно сидерат; подсолнечник; сидеральный пар; яровая пшеница с подсевом многолетних бобовых трав.

Почва опытного участка представлена чернозёмом типичным, среднеспособным, среднесуглинистым, на лессовидном суглинке. По результатам агрохимического обследования полей севооборота в слое 0-30 см содержание доступных питательных веществ составляло: гумуса 4,7-5,1%, гидролизующего азота 129-149 мг, подвижного фосфора 165-198 мг, обменного калия 132-139 мг на 1 кг почвы; гидролитическая кислотность была в пределах 0,76-2,21 мг/экв. на 100 почвы, водородный показатель рН равнялся 5,8-7,2 единицам.

Для сравнительной оценки урожайности культур и агрофизических показателей почвы в статье используются данные, полученные ещё в двух стационарных опытах, где культуры возделывались по традиционной системе земледелия.

В первом, заложенном в 2000 году, исследования проводятся в четырёхпольном севообороте со следующим чередованием культур: предшественник озимой пшеницы – озимая

пшеница – соя – яровая пшеница, где с 2012 года предшественником озимых служит сидеральный пар.

Агрохимическое обследование полей этого севооборота показало, что в слое 0-20 см содержание гумуса составляло 4,7-5,1%; гидролизуемого азота 147-161 мг, подвижного фосфора 141-168 мг, обменного калия 119-189 мг на 1 кг почвы; гидролитическая кислотность была в пределах 2,80-6,69 мг/экв. на 100 почвы, водородный показатель рН равнялся 4,8-5,7 единицам.

Второй стационарный опыт, заложенный в 1990 году, имеет также четырехпольный севооборот: горох – озимая пшеница – подсолнечник – яровой ячмень, со следующей агрохимической характеристикой полей в пахотном слое почвы: гумус 5,0-5,2%; гидролизуемый азот 161-162 мг, подвижный фосфор 194-217 мг, обменный калий 116-199 мг на 1 кг почвы; гидролитическая кислотность 1,85-2,72 мг/экв. на 100 почвы, рН=5,8-6,3.

По традиционной системе земледелия агротехника соответствовала рекомендуемой для Белгородской области. При этом культуры возделывались с применением минеральных удобрений с нормой внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$ в д.в. на 1 га и использовался полный комплекс пестицидов для борьбы с вредными объектами. При выращивании культур в органическом стационаре химические препараты и удобрения не использовались, а борьба с сорняками здесь велась агротехническими способами. Для посева во всех стационарах использовались районированные сорта полевых культур с рекомендованными для региона нормами высева.

Метеорологические условия вегетационного периода 2020 года характеризовались дефицитом атмосферных осадков. Всего за апрель-сентябрь выпало 176 мм влаги, что в 1,8 раза было меньше среднегодовой нормы (317 мм). Температурный режим превысил среднегодовое значение (15,3°C) на 1,5°C. Гидротермический коэффициент Селянинова за этот период составил 0,61 единицы, что соответствовало средней засухе.

Полевые опыты закладывались в трехкратной повторности и сопровождалось наблюдениями и учетами в соответствии с общепринятыми методическими указаниями. Анализы почвенных образцов проводились стандартными агрофизическими методами.

Результаты и их обсуждение. Основным фактором, определяющим продуктивность сельскохозяйственных культур в условиях юго-западной части ЦЧР, является влажность почвы. В агроклиматических условиях 2020 года содержание продуктивной влаги, как в пахотном, так и метровом слоях почвы перед посевом сидерата по органической системе земледелия было выше в сравнение с традиционной. Оно составляло 45 мм и 143 мм, против 28 мм и 125 мм, соответственно слоям почвы и технологиям. (табл. 1).

Таблица 1 - Запасы продуктивной влаги, мм

Культуры	Технологии	Перед посевом		Уборка	
		Слой почвы, см			
		0-30	0-100	0-30	0-100
Сидеральный пар	Органическая	45	143	16	62
	Традиционная	28	125	22	88
Озимая пшеница	Органическая	12	75	20	85
	Традиционная	14	105	54	111
Подсолнечник	Органическая	35	145	0	12
	Традиционная	27	128	3	35
Яровая пшеница	Органическая	32	142	21	68
	Традиционная	29	147	24	63

На момент заделки сидерата в почву произошло снижение запасов продуктивной влаги по обеим технологиям. При этом наблюдалась обратная тенденция по их величине. Наибольшее количество влаги было по традиционной системе земледелия и наименьшее по органической.

В условиях органического земледелия запас почвенной влаги перед посевом озимой пшеницы осенью 2019 года в слое 0-30 см была равен 12 мм, а в слое 0-100 см 14 мм. По традиционной технологии содержание продуктивной влаги в верхнем слое почвы было практически одинаковым с органической и на 30 мм выше в метровом. Результаты исследований почвенных проб отобранных во время уборки озимой пшеницы показали, что при традиционной технологии её выращивания в слое почвы 0-30 см сохранилось 54 мм влаги, а в метровом 111 мм, в то время как по органической системе они составляли 20 мм и 85 мм соответственно слоям. При возделывании подсолнечника на время его посева не большое преимущество по запасам продуктивной влаги было по органической технологии. Так в слое 0-30 см здесь количество продуктивной влаги составляло 35 мм, в то время как по традиционной только 27 мм, а в слое 0-100 см соответственно 145 мм и 128 мм. На время уборки культуры по обеим технологиям отмечалось резкое снижение содержания почвенной влаги. Так по органической системе земледелия в тридцатисантиметровом слое было её полное отсутствие, а по традиционной доступное растениям количество воды равнялось 3 мм. В метровом слое осталось только 12 мм и 35 мм, соответственно изучаемым технологиям выращивания культуры.

Содержание влаги под посевом яровой пшеницы практически не различалось по технологиям выращивания. Перед посевом культуры, как в верхнем слое почвы, так и в метровом запасы влаги были на одном уровне – 29-32 мм и 142-147 мм. К уборке количество продуктивной влаги в слое 0-30 см уменьшилось на 26% до 21-24 мм, а в слое 0-100 см более чем в два раза до 63-68 мм.

Свойством почвы, существенно влияющим на рост и развитие растений, является её плотность. Проведенный отбор почвенных проб и их анализ показал, что на момент посева в поле сидерального пара по обеим изучавшимся в опыте технологиям плотность почвы была оптимальной для роста и развития культурных растений. В слое 0-30 см она была равна 1,15 г/см³ по органической технологии и 0,95 г/см³ при использовании традиционного земледелия. К уборке по первой технологии произошло разуплотнение пахотного горизонта до 0,95 г/см³, в то время как по второй она уплотнилась до 1,16 г/см³. (табл. 2)

Таблица 2 - Плотность почвы, г/см³

Культуры	Технологии	Посев			Уборка		
		Слой почвы, см					
		0-15	15-30	0-30	0-15	15-30	0-30
Сидеральный пар	Органическая	1,09	1,20	1,15	0,89	1,01	0,95
	Традиционная	0,82	1,08	0,95	1,14	1,17	1,16
Озимая пшеница	Органическая	0,93	0,98	0,96	1,08	1,10	1,09
	Традиционная	1,03	1,05	1,02	0,91	1,01	1,21
Подсолнечник	Органическая	0,93	0,97	0,95	1,01	1,07	1,04
	Традиционная	1,06	1,07	1,07	1,00	1,02	1,01
Яровая пшеница	Органическая	0,95	1,01	0,98	0,88	0,96	0,92
	Традиционная	0,73	0,79	0,76	0,91	1,07	0,99

На момент посева озимой пшеницы плотность почвы была практически одинаковой по всей глубине пахотного горизонта при обеих технологиях выращивания и незначительно различалась по ним. Так по органической системе земледелия она находилась в пределах от 0,93 г/см³ в слое 0-15 см до 0,98 г/см³ в слое 15-30 см, по традиционной технологии варьировала от 1,03 г/см³ до 1,05 г/см³. Анализ почвенных образцов отобранных при уборке культуры показал, что к этому периоду в среднем по слою почвы 0-30 см по органической системе земледелия произошло увеличение её плотности до 1,09 г/см³, а по традиционной технологии уменьшение до 0,96 г/см³.

При выращивании подсолнечника наблюдалось различие по объёмному весу почвы в зависимости от технологий. Так за вегетационный период культуры по органической системе земледелия отмечалось уплотнение слоя почвы 0-30 см с 0,95 г/см³ при посеве до 1,04

г/см³ на момент уборки. По традиционной технологии этот показатель снизился, с 1,07 г/см³ до 1,01 г/см³.

В поле яровой пшеницы на момент посева максимальная плотность почвы в слое 0-30 см отмечалась при применении органической системы земледелия, 0,98 г/см³, значительно ниже, на 0,22 г/см³, она была при посеве культуры по традиционной технологии и составляла 0,76 г/см³. На момент уборки разница между технологиями уменьшилась до 0,07 г/см³ и при этом по органической системе земледелия почва была менее плотной.

Важным показателем плодородия почвы является содержание в пахотном слое наиболее ценных в агрономическом смысле структурных агрегатов размером от 0,25 мм до 10 мм, обладающие высокой пористостью (более 45%), механической прочностью и водопрочностью. Результаты структурного анализа почвенных проб, характеризующие состояние пахотного горизонта в зависимости от технологий выращивания представлены в таблицах 3 и 4. Их отбор проводился во время посева и уборки культур.

Таблица 3 - Структура пахотного слоя на период посева культур, в % к общей массе воздушно-сухой почвы

Культуры	Технологии	Слой почвы, см								
		0-10			10-20			20-30		
		Фракция, мм			Фракция, мм			Фракция, мм		
		<0,25	0,25-10	>10	<0,25	0,25-10	>10	<0,25	0,25-10	>10
Сидеральный пар	Органическая	0,3	33,2	66,5	0,3	35,2	64,0	0,1	19,7	80,2
	Традиционная	2,8	56,1	41,1	0,9	37,2	61,9	1,4	54,6	44,0
Озимая пшеница	Органическая	2,6	44,4	53,0	1,8	47,1	51,1	1,9	39,6	58,6
	Традиционная	4,7	65,4	29,9	1,9	49,1	49,0	1,2	43,2	55,6
Подсолнечник	Органическая	2,0	43,9	54,1	0,6	45,2	54,2	0,7	40,8	58,5
	Традиционная	3,9	56,1	39,9	0,9	26,3	72,8	0,5	38,7	60,8
Яровая пшеница	Органическая	2,2	33,8	64,0	1,2	44,9	53,9	0,8	35,1	64,1
	Традиционная	3,9	47,4	48,7	1,0	38,5	60,5	0,9	59,3	39,8

Таблица 4 - Структура пахотного слоя на период уборки культур, в % к общей массе воздушно-сухой почвы

Культуры	Технологии	Слой почвы, см								
		0-10			10-20			20-30		
		Фракция, мм			Фракция, мм			Фракция, мм		
		<0,25	0,25-10	>10	<0,25	0,25-10	>10	<0,25	0,25-10	>10
Сидеральный пар	Органическая	2,8	41,6	55,7	2,3	36,8	61,0	1,5	36,7	61,9
	Традиционная	5,7	31,4	62,9	2,0	33,8	64,2	1,7	44,9	53,4
Озимая пшеница	Органическая	1,7	37,4	60,9	1,6	45,1	53,3	0,6	36,9	62,5
	Традиционная	0,1	32,1	67,8	0,2	27,4	72,4	0,2	19,9	79,9
Подсолнечник	Органическая	2,8	47,9	49,3	1,8	46,8	51,4	1,0	43,0	56,0
	Традиционная	1,5	57,2	41,3	1,2	57,0	41,8	1,0	56,0	43,0
Яровая пшеница	Органическая	2,9	31,8	65,3	1,8	33,0	65,1	1,7	30,3	68,0
	Традиционная	3,3	74,6	22,1	3,0	63,2	33,8	2,8	71,0	26,2

При возделывании сидеральной культуры по органической технологии количество частиц размером 0,25-10 мм изменялось в зависимости от слоя почвы от 19,7% до 35,2% и было наибольшим в среднем слое почвы 10-20 см. На глубине 0-10 см они составляли от общей массы 33,2%. По традиционной технологии наблюдалось другое распределение агрономически ценной фракции. Максимальным оно было в слое 0-10 см и составляло 56,1%.

В поле озимой пшеницы на период посева хорошее структурное состояние почвы было по традиционной технологии в верхнем десятисантиметровом слое почвы. Здесь содержалось 65,4% агрегатов размером от 0,25 мм до 10 мм, в то время как в слое 10-20 см их количество составляло 49,1%, а в нижнем слое снизилось до 43,2%. При посеве культуры по ор-

ганической технологии наибольшее количество макроструктурных агрегатов, 44,4-47,1%, было в слое 0-20 см. В нижнем слое пахотного горизонта их доля составила 39,6%.

В поле подсолнечника анализ почвенных образцов, отобранных во время посева, показал, что по органической технологии преобладала глыбистая фракция агрегатов размером более 10 мм по всему пахотному горизонту. Содержание агрономически ценных частиц размером 0,25-10 мм было равным 40,8-45,2%, причем наименьшим оно было в слое 20-30 см, а наибольшим в слое 10-20 см. При традиционной технологии комковатая и зернистая структура почвы была в верхнем слое. Здесь содержалось 56,1% агрегатов размером 0,25-10 мм. С увеличением глубины отбора почвенных проб количество агрегатов агрономически ценной фракции снижалось до 26,3% в слое 10-20 см и до 38,7% в слое 20-30 см.

В верхнем слое почвы под посевами яровой пшеницы, так же, как и при выращивании других культур севооборота по традиционной технологии содержалось больше агрономически ценных агрегатов, чем при использовании органической технологии – 47,4% против 33,8%. В слое 10-20 см преимущество было за органической системой выращивания, а в слое 20-30 см количество макроструктурных агрегатов было больше при традиционной технологии.

Из данных таблицы 5 видно, что при выращивании сидерата и подсолнечника на момент их уборки содержание фракции 0,25-10 мм по сравнению с посевным периодом увеличилось по органической технологии и уменьшилось по традиционной. При возделывании яровой пшеницы её доля существенно возросла по традиционной технологии и снизилась по органической. Под посевом озимой пшеницы наблюдалось снижение содержания комковатых и зернистых структурных образований и увеличение глыбистых структурных образований по обеим технологиям выращивания, при этом по органической системе земледелия в слое 10-20 см эти изменения были минимальными.

В таблице 5 представлена урожайность культур в зависимости от технологий выращивания. Урожай зелёной массы сидерата в 2019 году при переходе к органической системе земледелия был в 1,4 раза меньше урожайности, полученной при традиционной технологии с применением агрохимикатов и пестицидов. При этом по первой технологии урожайность была 6,11 т/га, а по второй 8,47 т/га, что явилось следствием применения минеральных удобрений и средств защиты от вредных объектов. Выращивание озимой пшеницы в условиях органического земледелия после сидерального пара позволило получить в 2020 году 5,52 т/га зерна, в то время как по традиционной технологии урожай составил 8,18 т/га.

Таблица 5 - Урожайность культур, т/га

Культуры, сорт		Технологии	
		Органическая	Традиционная*
Сидеральный пар – горчица белая Рапсодия		6,11	8,47
Озимая пшеница Майская юбилейная		5,52	8,18
Подсолнечник	Вейделевский	2,71	2,73
	Вейделевский 2001	2,45	2,51
	Вейделевский 94	2,28	2,37
	Вейделевский Белоснежный	2,53	2,73
Яровая пшеница Прохоровка		4,53	5,96

* – N₃₀P₃₀K₃₀, протравленные семена, при полном комплексе средств защиты растений

Сбор маслосемян подсолнечника не имел больших различий по величине между технологиями. Так урожайность подсолнечника по органической технологии, в зависимости от сорта был на уровне 2,28-2,71 т/га, а по традиционной технологии, где кроме междурядных обработок было предусмотрено внесение минеральных удобрений и граминицида, варьировала в пределах от 2,37 т/га до 2,73 т/га. Урожайность яровой пшеницы по органической технологии была на 1,43 т/га меньше, чем по традиционной и составляла соответственно 4,53 т/га и 5,96 т/га.

Технологии выращивания колосовых культур в зависимости от их биологических особенностей оказали разное влияние на физические показатели качества зерна и содержа-

ние в нем «сырой» клейковины (табл. 6). Так озимая пшеница при отказе от минеральных удобрений при органической системе земледелия значительно, на 15,0 грамм, снизила массу 1000 зерен, а насыпной вес 1 литра зерна оказался на 21 грамм больше. У яровой пшеницы эти показатели слабо зависели от технологии возделывания, однако приоритет по их величине оказался у традиционной технологии.

Аналитические работы по определению содержания «сырой» клейковины показали, что у озимой пшеницы её количество было существенно, более чем на 7 %, ниже при отказе от традиционной агротехники выращивания и использовании органических методов возделывания. У яровой пшеницы количество клейковины практически не зависело от способа её выращивания, но все же наблюдалась тенденция к снижению (на 1,1%) при органической технологии.

Также и для подсолнечника изменение технологии его возделывания не оказало значительного влияния на содержание масла в семенах и его сборе 1 га, но при этом необходимо отметить, что его количество в маслосеменах по органической технологии в зависимости от сорта снижалось на 0,52-2,10 %, а с гектара в пределах 0,02-0,12 тонны (табл. 7).

Таблица 6 - Качественные показатели зерна озимой и яровой пшеницы

Культуры	Масса 1000 зерен, грамм		Натура, г/л		Содержание «сырой» клейковины, %	
	Органическая	Традиционная	Органическая	Традиционная	Органическая	Традиционная
Озимая пшеница	29,7	44,7	811	790	22,1	29,2
Яровая пшеница	35,6	38,3	808	812	21,6	22,7

Таблица 7 - Масличность семян подсолнечника и сбор масла

Сорт	Масличность, %		Сбор масла, т/га	
	Органическая	Традиционная	Органическая	Традиционная
Вейделевский	46,75	47,27	1,27	1,29
Вейделевский 2001	44,82	45,44	1,10	1,14
Вейделевский 94	45,39	46,21	1,03	1,10
Вейделевский Белоснежный	29,02	31,12	0,73	0,85

Экономическая эффективность возделывания пшеницы и подсолнечника (в среднем по его сортам) в зависимости от системы земледелия приведена в таблице 8.

Таблица 8 - Экономическая эффективность возделывания культур

Культура	Сумма от реализации, руб./га	Прямые затраты, руб./га	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
Органическая технология				
Озимая пшеница	63480	12175	51305	421
Яровая пшеница	52095	9266	42829	462
Подсолнечник	79356	17434	61922	355
Традиционная технология				
Озимая пшеница	94070	29746	64324	216
Яровая пшеница	68540	23550	44990	191
Подсолнечник	82543	29745	52798	178

Как видно из приведённых данных, наибольшие расчетные суммы денежных средств от реализации продукции, возможно, получить при традиционной технологии. Их величина превышает показатели при органическом ведении земледелия для озимой пшеницы на 32,5%, для яровой пшеницы на 24,0% и для подсолнечника на 3,9%. Прямые затраты при органическом производстве сельскохозяйственной продукции в основном складывались из стоимости семян, цены проведения механизированных работ, ГСМ и оплаты труда, и были наибольшими при выращивании подсолнечника, 17434 руб./га. Затраты при традиционной

технологии возделывания возрастали существенно в 1,7-2,5 раза в основном из-за примененных минеральных удобрений и средств защиты растений имеющих в настоящее время достаточно высокие цены. В опыте наибольшая прибыль с одного гектара была получена при возделывании озимой пшеницы при традиционном выращивании, а на втором месте шел подсолнечник при органическом земледелии. Возделывание культур было экономически выгодней при использовании органической технологии, что подтверждает показатель рентабельности, который при этом методе выращивания в зависимости от культуры был на 177-271% больше по сравнению с традиционным земледелием.

Выводы. На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Исследования показали, что запасы продуктивной влаги, и такие физические показатели почвы как плотность и агрегатный состав в большей степени зависели от возделываемых культур, но мало различались между технологиями.

2. Урожайность районированных сортов полевых культур, возделываемых по органической технологии в переходной период, за исключением подсолнечника, снижается по сравнению с традиционной технологией в 1,3-1,5 раза.

3. Результаты аналитических работ, определяющие качественные показатели зерна пшеницы и маслосемян подсолнечника показали, что при использовании методов органической системы земледелия в сравнении традиционной технологией возделывания наибольшие потери в качестве продукции были отмечены у озимой пшеницы – существенно снизились масса 1000 зерен и содержание в них «сырой» клейковины. У яровой пшеницы и подсолнечника хозяйственно-полезные показатели собранной продукции практически не снижались.

4. При освоении методов органического земледелия исключение затрат на химические удобрения и синтетические средства защиты растений позволило существенно снизить затраты на выращивание культур и за счет этого увеличить рентабельность производства при незначительном снижении прибыли. Причем при расчете этих данных не использовались потенциально более высокие цены на продукцию, выращенную по органическим стандартам.

5. Более низкий уровень продуктивности культур, возделываемых в условиях органического земледелия, не следует расценивать как отрицательный результат, потому что для органического сельского хозяйства не является первоочередной задачей получение высоких урожаев, а отдается предпочтение их экологической чистоте и продовольственной безопасности населения на фоне сохранения окружающей среды.

Библиография

1. Берзин, А.М. Влияние сидератов на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность зерновых культур в условиях Красноярской лесостепи / А.М. Берзин, В.В. Чупрова, Е.И. Волошин // *Агрохимия*. – 1994. – № 11. – С. 16-24.
2. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М. : Колос, 1996. – 354 с.
3. Коржов, С.И. Сидераты и их роль в воспроизводстве плодородия чернозёмов: монография / С.И. Коржов, В.В. Верзилин, Н.Н. Королев; под ред. С.И. Коржова. – Воронеж, ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2011. – 98 с.
4. Митусова, Ю. Развитие органического сельского хозяйства в России / Ю. Митусова, А. Буйволова. – М. : Евразийский центр по продовольственной безопасности, 2017. – 23 с.
5. Органическое сельское хозяйство: инновационные технологии, опыт, перспективы: науч. аналит. обзор. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 92 с.
6. Синих, Ю.Н. Динамика влажности почвы при длительном использовании пожнивного зеленого удобрения / Ю.Н. Синих // *Земледелие*. – 2010. – № 8. – С. 23-25.
7. Семенов, А.М. Органическое земледелие и здоровье почвенной экосистемы / А.М. Семенов, А.П. Глинушкин, М.С. Соколов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – Т. 30. – № 8. – С. 5-8.
8. Смуров, С.И. Продуктивность зернового севооборота в зависимости от степени его химизации / С.И. Смуров, Г.С. Агафонов, О.В. Гапиенко // *Достижения науки и техники АПК*. – 2008. – № 9. – С. 11-14.
9. Смуров, С.И. Сидеральные пары в системе биологического земледелия / С.И. Смуров, Г.С. Агафонов, Т.В. Попова // *Достижение науки и техники АПК*. – 2014. – № 2. – С. 89-97.
10. Турьянский, А.В. Органическое сельское хозяйство; проблемы, перспективы / А.В. Турьянский // *Материалы XXII международной научно-практической конференции «Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы» (28-29 мая 2018 года): в 2 т. Том 1.* – Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – С. 3-8.

11. Хлопяников, А.М. Агротехнические и эколого-экономические основы биологизации земледелия / А.М. Хлопяников, А.В. Наумкин, В.А. Стебаков, В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина // Вестник Брянского государственного университета. – 2012. – № 4 (12). – С. 252-256.
12. Шульце, Э. Традиционное и органическое сельское хозяйство: анализ сравнительной эффективности с позиции концепции устойчивого развития / Э. Шульце, Н.В. Пахомова, Н.Ю. Нестеренко, Ю.В. Крылова, К.К. Рихтер // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2015. – № 105 (01). – С. 4-39.
13. Hoffman, V. Farmers and researchers: How can collaborative advantages be created in participatory research and technology development? [Фермеры и исследователи: Как создать совместные преимущества в совместных исследованиях и разработке технологий?] / V. Hoffman, K. Probst, E. Christinck // Agriculture and Human Values. – 2007. – 24. – P. 355-368. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s10460-007-9072-2>
14. Kirchman, H., Bergstrom, L., Katterer, T., Mattsson L. and Gesslein, S. Comparison of long-term organic and conventional crop–livestock systems on a previously nutrient-depleted soil in Sweden // Agronomy Journal. – 2007. – Vol. 99. No. 4. – Pp. 960-972.
15. Mason, H.E., Spaner, D. Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: A review of the literature // Canadian journal of Plant Science. – 2006. – No. 86 (2). – Pp. 333-343. doi:10.4141/P05-051

References

1. Berzin, A.M. Vliyanie sideratov na plodorodie chernozema vyshchelochennogo i urozhajnost' zernovyh kul'tur v usloviyah Krasnoyarskoj lesostepi [The influence of green manure on the fertility of leached chernozem and the yield of grain crops in the Krasnoyarsk forest-steppe] / A.M. Berzin, V.V. Chuprova, E.I. Voloshin // Agrochemistry. – 1994. – No. 11. – Pp. 16-24. (In Russian)
2. Kiryushin, V.I. Ekologicheskie osnovy zemledeliya [Ecological foundations of agriculture] / V.I. Kiryushin. – М. : Kolos, 1996. – 354 p. (In Russian)
3. Korzhov, S.I. Sideraty i ih rol' v vosproizvodstve plodorodiya chernozyomov: monografiya [Siderates and their role in the reproduction of fertility of chernozems: monograph] / S.I. Korzhov, V.V. Verzhilin, N.N. Korolev; ed. S.I. Korzhov. – Voronezh, FGOU VPO Voronezh GAU, 2011. – 98 p. (In Russian)
4. Mitusova, Yu. Razvitie organicheskogo sel'skogo hozyajstva v Rossii [Development of organic agriculture in Russia] / Yu. Mitusova, A. Buivolova. – М. : Eurasian Center for Food Security, 2017. – 23 p. (In Russian)
5. Organicheskoe sel'skoe hozyajstvo: innovacionnye tekhnologii, opyt, perspektivy: nauch. analit. obzor [Organic agriculture: innovative technologies, experience, prospects: scientific. analyte. Overview]. – М. : FGBNU "Rosinformagrotech", 2019. – 92 p. (In Russian)
6. Sinich, Yu.N. Dinamika vlazhnosti pochvy pri dlitel'nom ispol'zovanii pozhnivnogo zelenogo udobreniya [Dynamics of soil moisture during long-term use of stubble green fertilizer] / Yu.N. Sinich // Agriculture. – 2010. – No. 8. – Pp. 23-25. (In Russian)
7. Semenov, A.M. Organicheskoe zemledelie i zdorov'e pochvennoj ekosistemy [Organic agriculture and health of the soil ecosystem] / A.M. Semenov, A.P. Glinushkin, M.S. Sokolov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2016. – T. 30. – No. 8. – Pp. 5-8. (In Russian)
8. Smurov, S.I. Produktivnost' zernovogo sevooborota v zavisimosti ot stepeni ego himizatsii [Productivity of grain crop rotation depending on the degree of its chemicalization] / S.I. Smurov, G.S. Agafonov, O.V. Gapienko // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2008. – No. 9. – Pp. 11-14. (In Russian)
9. Smurov, S.I. Sideral'nye pary v sisteme biologicheskogo zemledeliya [Sideral'nye pairs in the system of biological farming] / S.I. Smurov, G.S. Agafonov, T.V. Popova // Achievement of science and technology of the agro-industrial complex. – 2014. – No. 2. – Pp. 89-97. (In Russian)
10. Turyansky, A.V. Organicheskoe sel'skoe hozyajstvo; problemy, perspektivy [Organic agriculture; problems, prospects] / A.V. Turyansky // Materials of the XXII International Scientific and Practical Conference "Organic Agriculture: Problems and Prospects" (May 28-29, 2018): in 2 volumes. Volume 1. – Publishing house of the Belgorodsky Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education GAU, 2018. – Pp. 3-8. (In Russian)
11. Khlopyanikov, A.M. Agrotekhnicheskie i ekologo-ekonomicheskie osnovy biologizatsii zemledeliya [Agrotechnical and ecological and economic foundations of biologization of agriculture] / A.M. Khlopyanikov, A.V. Naumkin, V.A. Stebakov, V.N. Naumkin, L.A. Naumkina // Bulletin of the Bryansk State University. – 2012. – No. 4 (12). – Pp. 252-256. (In Russian)
12. Shulze, E. Tradicionnoe i organicheskoe sel'skoe hozyajstvo: analiz sravnitel'noj e'ffektivnosti s pozitsii koncepcii ustojchivogo razvitiya [Traditional and organic agriculture: an analysis of comparative efficiency from the perspective of the concept of sustainable development] / E. Shulze, N.V. Pakhomova, N.Yu. Nesterenko, Yu.V. Krylova, K.K. Richter // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. – 2015. – № 105 (01). – Pp. 4-39. (In Russian)
13. Hoffman, V. Farmers and researchers: How can collaborative advantages be created in participatory research and technology development? [Фермеры и исследователи: Как создать совместные преимущества в совместных исследованиях и разработке технологий?] / V. Hoffman, K. Probst, E. Christinck // Agriculture and Human Values. – 2007. – 24. – P. 355-368. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s10460-007-9072-2>
14. Kirchman, H., Bergstrom, L., Katterer, T., Mattsson L. and Gesslein, S. Comparison of long-term organic and conventional crop–livestock systems on a previously nutrient-depleted soil in Sweden // Agronomy Journal. – 2007. – Vol. 99. No. 4. – Pp. 960-972.

15. Mason, H.E., Spaner, D. Competitive ability of wheat in conventional and organic management systems: A review of the literature // Canadian journal of Plant Science. – 2006. – No. 86 (2). – Pp. 333-343. doi:10.4141/P05-051

Сведения об авторах

Смуров Сергей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВПО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Зюба Светлана Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВПО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Григоров Олег Владимирович, научный сотрудник лаборатории по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВПО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Михайлов Денис Алексеевич, агроном лаборатории по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВПО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Information about authors

Smurov Sergey Ivanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory for the Study of Agricultural Systems, Belgorod GAU, st. Vavilova, 1, item Mayskiy, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503.

Zyuba Svetlana Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher, Laboratory for the Study of Agricultural Systems, Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, 1, item Mayskiy, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503.

Grigorov Oleg Vladimirovich, Researcher, Laboratory for the Study of Agricultural Systems, Belgorod GAU, st. Vavilova, 1, item Mayskiy, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503.

Mikhailov Denis Alekseevich, agronomist of the Laboratory for the Study of Agricultural Systems, Belgorod GAU, st. Vavilova, 1, item Mayskiy, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503.

УДК 633.11"324":632.3/4:632.93(470.32)

*А.Г. Ступаков, Д.О. Морозов, М.А. Куликова, В.В. Букреев, В.И. Желтухина,
Ю.Е. Щедрина, Т.А.Х. Алаши*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ БАКТЕРИАЛЬНЫХ И ГРИБКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДА ЦЧР

Аннотация. С целью защиты культурных растений от вредоносных объектов, актуальным становится разработка экологически чистых биологических препаратов, которые не оказывают ингибирующего влияния на сами растения и не вызывает гибель почвенной микрофлоры. Защищая от различных грибковых и бактериальных заболеваний, а также стимулируя рост и развитие растений, они приводят к значительному увеличению урожайности и повышению качества продукции. Исследования по изучению разных систем защиты растений озимой пшеницы от грибковых и бактериальных заболеваний на темно-серой лесной почве тяжелосуглинистого гранулометрического состава в условиях Белгородской области выявили высокую эффективность биологизированной системы защиты озимой пшеницы от вредоносных объектов. Она не уступала химической системе защиты растений по снижению распространения корневых гнилей озимой пшеницы (по -3,4%) и их развитию (-1,2 и -1,4%). Применение на фоне систем защиты растений препарата Стернифлаг, СП способствовало усилению защитных свойств систем защиты особенно в год с резким дефицитом осадков (ГТК 0,6), когда распространение корневых гнилей снизилось на 3,3% и их развитие на 2,5-3,2%. Распространение септориоза в посевах озимой пшеницы сопровождалось снижением на 2,9% при использовании биологизированной системы защиты и на 5,0% – химической системы, а её развитие – на 1,9% у обеих систем. Сочетание химической и биологизированной систем защиты растений с препаратом Стернифлаг, СП обусловило практически одинаковые прибавки урожайности зерна, соответственно 1,84 и 1,77 т/га (+34,4 и +33,1%). Без применения препарата биологизированная система защиты по эффективности значительно превзошла химическую систему – 1,45 и 0,75 т/га (+27,1 и +14,0%), обозначив преимущественное использование Стернифага, СП на фоне химической системы защиты (+1,09 т/га или 17,9%) по сравнению с биологизированной системой (+0,32 т/га или 4,7%).

Ключевые слова: корневые гнили, септориоз, химическая, биологизированная и интегрированная системы защита растений, озимая пшеница, урожайность зерна.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE BIOLOGIZED SYSTEM OF PROTECTION OF WINTER WHEAT PLANTS FROM BACTERIAL AND FUNGAL DISEASES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-WEST OF THE CENTRAL ASIAN REPUBLIC

Abstract. In order to protect cultivated plants from harmful objects, it becomes relevant to develop environmentally friendly biological preparations that do not have an inhibitory effect on the plants themselves and do not cause the death of the soil microflora. Protecting against various fungal and bacterial diseases, as well as stimulating the growth and development of plants, they lead to a significant increase in yield and improve the quality of products. Studies on the study of various systems of protection of winter wheat plants from fungal and bacterial diseases on dark gray forest soil of heavy loamy granulometric composition in the conditions of the Belgorod region revealed the high efficiency of the biologized system of protection of winter wheat from harmful objects. It was not inferior to the chemical plant protection system in reducing the spread of root rot of winter wheat (by -3.4%) and their development (-1.2 and -1.4%). The use of the drug Sternifag, SP, against the background of plant protection systems protection, especially in a year with a sharp shortage of precipitation (SCC 0.6), when the spread of root rot decreased by 3.3% and their development by 2.5-3.2%. The spread of septoria in winter wheat crops was accompanied by a decrease of 2.9% when using a biologized protection system and 5.0% - chemical system, and its development - by 1.9% in both systems. The combination of chemical and biologized plant protection systems with the preparation Sternifag, JV caused almost identical increases in grain yield, respectively 1.84 and 1.77 t/ha (+34.4 and +33.1%). Without the use of the drug, the biologized protection system significantly surpassed the chemical system in efficiency - 1.45 and 0.75 t/ha (+27.1 and +14.0%), indicating the predominant use of Sternifage, SP against the background of the chemical protection system (+1.09 t/ha or 17.9%) compared with the biologized system (+0.32 t/ha or 4.7%).

Keywords: root rot, septoria, chemical, biologized and integrated plant protection systems, winter wheat, grain yield.

Введение. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства остро встает вопрос загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения, применяемых для защиты культурных растений от вредоносных объектов, актуальным становится разработка экологически чистых биологических препаратов [3, 6, 8, 9]. Использование таких

препаратов не приводит к накоплению в почве пестицидов, не оказывает ингибирующего влияния на сами растения и не вызывает гибель почвенной микрофлоры, способствуя повышению супрессивности почвы [1, 5].

Для борьбы с различными грибковыми и бактериальными заболеваниями и вредителями, а также с целью стимуляции роста и развития растений, во всем мире из различных консорциумов микроорганизмов отобраны штаммы, которые используются для получения биопрепаратов [2, 3, 4].

Среди наиболее вредоносных микроорганизмов, проявляющих фитопатогенное влияние, являются грибы родов *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Sclerotinia*, *Bipolaris* и многие другие, служащие возбудителями целого ряда заболеваний, таких как гнили, пятнистости, увядания, приводящих к потере урожая и к снижению его качества.

Методика и условия проведения исследований. Исследования по изучению систем защиты растений озимой пшеницы от грибковых и бактериальных заболеваний проводились в краткосрочном многофакторном полевом опыте с последовательным расположением делянок в четырехкратной повторности, заложенном на опытное поле ООО НИЦ «Агробиотехнология» в с. Чураево Шебекинского городского округа Белгородской области в соответствии с методическими рекомендациями Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ФГБНУ «ВИЗР»).

Почва опытного участка – темно-серая лесная тяжелосуглинистого гранулометрического состава с содержанием в слое 0-20 см гумуса 3,6%, подвижных форм фосфора и калия (по Чирикову) соответственно 118 и 145 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,0, Нг и S соответственно 4,14 и 21,05 мг.-экв./100 г почвы, V 83,6% (по данным ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский» на 23.05.2018 г.).

Гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г.Т. Селяниновым (Лосев А.П., Журина Л.Л., 2003) для характеристики условий увлажнения, составил в 2020 и 2021 гг. соответственно 0,6 и 0,7, что не типично для среднепогодных условий территории проведения исследований (1,2) и свидетельствует о дефиците атмосферных осадков. Согласно существующей градации, такие величины ГТК свойственны засушливой зоне увлажнения.

Возделывался сорт озимой пшеницы Безостая 100, предшественник соя. В качестве фона применялись минеральные удобрения в дозе N₂₂P₂₂K₂₂ до посева (азофоска), ОМУ «пшеничное» при посеве в дозе 100 кг/га, N₃₄ в прикорневую весеннюю подкормку аммиачной селитрой. В опыте изучались следующие системы защиты растений озимой пшеницы (табл. 1).

Таблица 1 - Системы защиты растений озимой пшеницы

Фазы растения	Препараты, нормы расхода	Действующее вещество	Вредные объекты
Контроль			
Выход в трубку	Балерина, СЭ, 0,4 л/га	2,4-Д (2-этилгекс-иловый эфир), 410 г/л; Флорасулам, 7,4 г/л	Однолетние сорняки, в т. ч. устойчивые к 2,4-Д и 2М-4Х, и некоторые многолетние
Химическая защита			
Осеннее внесение в почву	Стернифаг,* СП, 80 г/га	<i>Trichoderma harzianum</i> , штамм ВКМ F-4099D (титр 10 ¹⁰ КОЕ/г)	Подавление фитопатогенов на растительных остатках и в почве
Перед посевом (протравливание)	Виал Траст, ВСК 0,3 л/т	Тиабендазол (80 г/л) + Тебуконазол (60 г/л)	Почвенная инфекция, корневые и прикорневые гнили
	Тиара, КС 0,6 л/т	Тиаметоксам, 350 г/л	
Кущение (весна)	Колосаль, ПРО, КМЭ, 0,4 л/га	Пропиконазол 300г/л; Тебуконазол 200г/л	Септориоз пиренофороз

Выход в трубку	Балерина, СЭ, 0,4 л/га	2,4-Д (2-этилгексильный эфир) 410 г/л; Флорасулам 7,4 г/л	Однолетние сорняки, в том числе устойчивые к 2,4-Д и 2М-4Х и некоторые многолетние
Флаговый лист-колошение	Шарпей, МЭ, 0,2 л/га	Циперметрин, 250 г/л	Мучнистая роса, злаковая тля, хлебный клопик, пядица, блошки, хлебные трипсы, хлебные жуки, клоп вредная черепашка
	Инпут, КЭ, 1 л/га	Протиоконазол, 160 г/л; Спироксамин, 300 г/л	
Биологизированная защита			
Осеннее внесение в почву	Стернифаг, СП, 80 г/га	<i>Trichoderma harzianum</i> , штамм ВКМ F-4099D (титр 10 ¹⁰ КОЕ/г)	Подавление фитопатогенов на растительных остатках и в почве
Перед посевом (протравливание)	Витаплан, СП 20 г/т	<i>Bacillus subtilis</i> (титр 10 ¹⁰ +10 ¹⁰ КОЕ/г)	Почвенная инфекция, корневые и прикорневые гнили
	Трихоцин, СП 20 г/т	<i>Trichoderma harzianum</i> , (титр 10 ¹⁰ КОЕ/г)	
	Биолипостим, 0,3 л/т	Биополимеры	
	Гумистим, Ж, 2 л/т	Микроудобрение	
Кущение (весна)	Алирин-Б, Ж, 3 л/га	<i>Bacillus subtilis</i> (титр 10 ⁹ КОЕ/г)	Септориоз пиренофороз
	Биолипостим, 0,3 л/га	Биополимеры	
Выход в трубку	Балерина, СЭ, 0,4 л/га	2,4-Д (2-этилгексильный эфир) 410 г/л; Флорасулам, 7,4 г/л	Однолетние сорняки, в том числе устойчивые к 2,4-Д и 2М-4Х и некоторые многолетние
Колошение – налив зерна	Витаплан, СП 40 г/га	<i>Bacillus subtilis</i> (титр 10 ¹⁰ +10 ¹⁰ КОЕ/г)	Мучнистая роса, злаковая тля, хлебный клопик, пядица, блошки, хлебные трипсы, хлебные жуки, клоп вредная черепашка
	Трихоцин, СП 40 г/га	<i>Trichoderma harzianum</i> , (титр 10 ¹⁰ КОЕ/г)	
	Шарпей, МЭ 0,2 л/га	Циперметрин, 250 г/л	
Интегрированная защита			
Осеннее внесение в почву	Стернифаг, СП, 80 г/га	<i>Trichoderma harzianum</i> , штамм ВКМ F-4099D (титр 10 ¹⁰ КОЕ/г)	Подавление фитопатогенов на растительных остатках и в почве
Перед посевом (протравливание)	Виал Траст, ВСК, 0,3 л/т	Тиабендазол (80 г/л) + Тебуконазол (60 г/л)	Почвенная инфекция, корневые и прикорневые гнили
	Тиара, КС, 0,6 л/т	Тиаметоксам, 350 г/л	
	Витаплан, СП, 20 г/т	<i>Bacillus subtilis</i> (титр 10 ¹⁰ +10 ¹⁰ КОЕ/г)	
	Трихоцин, СП, 20 г/т	<i>Trichoderma harzianum</i> , (титр 10 ¹⁰ КОЕ/г)	
	Биолипостим, 0,3 л/т	Биополимеры	
	Гумистим, Ж, 2 л/т	Микроудобрение	
Кущение (весна)	Алирин-Б, Ж, 3 л/га	<i>Bacillus subtilis</i> (титр 10 ⁹ КОЕ/г)	Септориоз пиренофороз
	Биолипостим, 0,3 л/га	Биополимеры	
Выход в трубку	Балерина, СЭ, 0,4 л/га	2,4-Д (2-этилгексильный эфир) 410 г/л; Флорасулам, 7,4 г/л	Однолетние сорняки, в том числе устойчивые к 2,4-Д и 2М-4Х и некоторые многолетние
Колошение – Налив зерна	Витаплан, СП, 40 г/га	<i>Bacillus subtilis</i> (титр 10 ¹⁰ +10 ¹⁰ КОЕ/г)	Мучнистая роса, злаковая тля, хлебный клопик, пядица, блошки, хлебные трипсы, хлебные жуки, клоп вредная черепашка
	Шарпей, МЭ, 0,2 л/га	Циперметрин, 250 г/л	

	Инпут, КЭ, 0,8 л/га	Протиоконазол, 160 г/л; Спироксамин, 300 г/л	
	Биолипостим, 0,3 л/га	Биополимеры	

* Примечание: все системы защиты растений озимой пшеницы изучались в сочетании со Стернифагом, СП и без него.

Результаты исследований. В исследованиях за 2020-2021 гг. выявлено, что в фазе кущения растений озимой пшеницы были обнаружены корневые гнили, вызванные такими патогенами, как *Fusarium spp.*, *Bipolaris sorokiniana*, *Pseudocercospora herpotrichoides*. Анализ данных, полученных согласно методике регистрационных испытаний фунгицидов ВИЗР, показал наибольшее распространение корневых гнилей – 11,7% в среднем за два года наблюдений при возделывании озимой пшеницы без средств защиты от заболеваний (табл. 2). При применении химической и биологизированной систем защиты растений (СЗР) наметилась тенденция к снижению распространения болезни на 3,4%, а при интегрированной – на 4,2%.

Осеннее внесение в почву препарата Стернифаг, СП способствовало дополнительному снижению на фоне СЗР соответственно ещё на 2,9, 1,7 и 2,9%. Более высокое его значение (-3,3%) проявилось в условиях с резким дефицитом атмосферных осадков (ГТК 0,6; 2020 г.), когда в сочетании с химической и интегрированной системами защиты распространение болезни стало ниже на 10,0%.

Темпы развития гнилей в зависимости от систем защиты растений соответствовали таковым, отмеченным при рассмотрении распространения болезни. Системы защиты растений обусловили снижение развития болезни на 1,2-2,5%. На их фоне Стернифаг, СП способствовал снижению её ещё на 0,9-1,1%. Самое значимое снижение выявлено в результате совместного действия интегрированной СЗР и препарата Стернифаг, СП, особенно в год с более выраженным недостатком атмосферных осадков, которое составило 5,0%. Примечательно также, что развитие болезни при этом было в 4,1 раза ниже, чем её распространение, тогда как без использования СЗР оно было ниже только в 2,3 раза.

Таблица 2 - Влияние систем защиты растений озимой пшеницы на заболевание корневыми гнилями в фазе кущения*

Системы защиты		Распространение болезни, P (%)			Развитие болезни, R (%)		
		2020 г.	2021 г.	Среднее	2020 г.	2021 г.	Среднее
Контроль		13,3	10,0	11,7	5,8	4,8	5,3
–	Химическая	6,6	10,0	8,3	3,3	4,4	3,9
	Биологизированная	6,6	10,0	8,3	4,0	4,2	4,1
	Интегрированная	6,6	8,3	7,5	1,6	4,0	2,8
Стернифаг, СП	Химическая	3,3	7,5	5,4	1,6	3,7	2,7
	Биологизированная	6,6	6,6	6,6	3,3	3,1	3,2
	Интегрированная	3,3	5,8	4,6	0,8	2,5	1,7

* Примечание: по корневым гнилям в фазе кущения ЭПВ составляет 5%.

В фазе начала налива зерна наибольшее распространение болезни септориоз, вызванной несовершенным грибом *Septoria tritici*, было обнаружено в посевах озимой пшеницы без применения средств защиты растений от заболеваний, которое составило 22,1% (табл. 3). Химическая, биологизированная и интегрированная СЗР обусловили снижение её распространения соответственно на 5,0, 2,9 и 5,4%. Внесение на их фоне препарата Стернифаг, СП привело к снижению распространения болезни ещё на 1,7, 4,6 и 2,9%, что позволило комбинациям его и СЗР довести темпы снижения до 6,7, 7,5 и 8,3%.

Развитие септориоза было ниже его распространения при возделывании озимой пшеницы без средств защиты растений в 1,9 раза и в 1,8-2,0 раза с использованием разных СЗР. Без сочетания с препаратом Стернифаг, СП они обеспечили снижение развития болезни на 1,9-2,6%. Совместное же применение его с химической, биологизированной и интегрированной СЗР сопровождалось более интенсивным снижением заболеваемости, соответственно на 3,3, 4,0 и 4,8% при доле препарата в этом равной 1,4, 2,1 и 2,2%.

Таблица 3 - Влияние систем защиты растений озимой пшеницы на заболевание септориозом в фазе начала налива зерна

Системы защиты		Распространение болезни, Р (%)			Развитие болезни, R (%)		
		2020 г.	2021 г.	Среднее	2020 г.	2021 г.	Среднее
Контроль		23,3	20,8	22,1	12,5	10,6	11,6
–	Химическая	17,5	16,7	17,1	10,0	9,4	9,7
	Биологизированная	18,3	20,0	19,2	9,6	9,8	9,7
	Интегрированная	17,5	15,8	16,7	9,4	8,5	9,0
Стернифаг, СП	Химическая	15,8	15,0	15,4	8,3	8,3	8,3
	Биологизированная	14,2	15,0	14,6	7,5	7,7	7,6
	Интегрированная	14,2	13,3	13,8	7,1	6,4	6,8

* Примечание: по септориозу в фазе налива зерна ЭПВ составляет 15%.

Важно отметить, что развитие септориоза ниже его распространения в 1,8-2,0 раза, притом варьирование этих величин практически не зависело от того, применялись ли средства защиты растений или посев проводился без них. Аналогичная закономерность наблюдалась и при заболевании растений озимой пшеницы корневыми гнилями, где развитие болезни ниже её распространения в 2,0-2,2 раза с разными СЗР и без них, кроме ситуации с интегрированной СЗР, где величина снижения составила в среднем за два года заметно большее значение – 2,7 раза, а в год с острым дефицитом осадков (2020 г.) даже 4,1 раза, как в сочетании с препаратом Стернифаг, СП, так и без него.

Урожайность зерна озимой пшеницы, как интегральный показатель эффективности применения любого агротехнического приёма, значительно возросла под действием всех систем защиты растений (табл. 4).

Наибольшую прибавку урожайности – 1,45 т/га (27, 1%) в среднем за два года исследований обеспечила биологизированная СЗР. Меньше она была при применении интегрированной СЗР – 1,17 т/га (21,9%) и наименьшей при использовании химической СЗР – 0,75 т/га (14,0%).

Таблица 4 - Влияние систем защиты растений озимой пшеницы на урожайность зерна

Системы защиты		Урожайность, т/га			Прибавки			
					от средств защиты		от Стернифага, СП	
		2020 г.	2021 г.	Среднее	т/га	%	т/га	%
Контроль		6,60	4,10	5,35	-	-	-	-
–	Химическая	6,90	5,30	6,10	0,75	14,0	-	-
	Биологизированная	8,30	5,30	6,80	1,45	27,1	-	-
	Интегрированная	7,40	5,63	6,52	1,17	21,9	-	-
Стернифаг, СП	Химическая	8,30	6,07	7,19	1,84	34,4	1,09	17,9
	Биологизированная	8,60	5,64	7,12	1,77	33,1	0,32	4,7
	Интегрированная	9,80	8,40	9,10	3,75	70,1	2,58	39,6
НСР ₀₅		0,60	0,70	-	-	-	-	-

И если эффективность биологизированной СЗР практически не зависела от условий увлажнения в годы проведения исследований (+25,8 и +29,3% соответственно при ГТК равном 0,6 и 0,7), то эффективность химической и интегрированной СЗР значительно более высокой была при большей величине ГТК: соответственно +4,5 и +29,3%; +12,1 и +37,3%. Прибавка урожайности от химической СЗР в год острым недостатком атмосферных осадков и вовсе была не достоверной – 0,30 т/га (+4,5%).

Сочетание химической и биологизированной СЗР с препаратом Стернифаг, СП способствовало получению практически одинаковой прибавки урожайности зерна, соответственно 1,84 и 1,77 т/га (+34,4 и +33,1%). Наибольшее увеличение урожайности – на 3,75 т/га (+70,1%) было обеспечено совместным использованием препарата с интегрированной СЗР.

Наибольшая эффективность препарата Стернифаг, СП наблюдалась на фоне интегрированной СЗР, где прибавка урожайности зерна от его внесения в почву составила 2,58 т/га (+39,6%). На фоне химической СЗР прибавка была значительно ниже – 1,09 т/га (+17,9%), а на фоне биологизированной СЗР проявилась лишь тенденция к росту урожайности – 0,32 т/га (+4,7%). На фоне химической СЗР препарат был более эффективен в условиях с меньшим количеством осадков, а на фоне интегрированной – с большим их количеством. На фоне биологизированной СЗР при низкой его эффективности варьирование прибавок незначительное (+0,3 и +0,34 т/га; +3,6 и +6,4%).

При применении в посевах озимой пшеницы химической и биологизированной СЗР наметилась тенденция к увеличению массы 1000 зерен соответственно на 1,5 и 1,3 г (табл. 5). Влияние препарата Стернифаг, СП проявилось в слабой тенденции к снижению (-0,5 и -0,3 г). Однако при совместном применении препарата с интегрированной СЗР масса заметно, на 4,8 г (+12,8%) повысилась за счёт действия его на фоне этой системы (+5,8 г; +15,8%).

На основании данных 2021 г. по структуре урожая озимой пшеницы можно сделать предварительные выводы (табл. 6). Все три системы защиты растений – химическая, биологизированная и интегрированная способствовали увеличению количества продуктивных стеблей на одно растение на 0,5-0,9 шт., длины колоса на 0,4-1,1 см, количества колосков в колосе на 0,6-1,6 шт., высоты растения на 5,1-5,9 см, массы 1000 зёрен на 0,5-2,5 г.

Таблица 5 - Влияние систем защиты растений озимой пшеницы на массу 1000 зерен, г

Системы защиты		Масса 1000 зерен, г			Прибавки			
					от средств защиты		от Стернифага, СП	
		2020 г.	2021 г.	Среднее	г	%	г	%
Контроль		39,0	36,0	37,5	-	-	-	-
–	Химическая	40,0	38,0	39,0	1,5	4,0	-	-
	Биологизированная	39,0	38,5	38,8	1,3	3,5	-	-
	Интегрированная	38,0	36,5	37,3	-0,2	-0,5	-	-
Стернифаг, СП	Химическая	39,0	38,0	38,5	1,0	2,7	-0,5	-1,3
	Биологизированная	38,0	37,0	37,5	0,0	0,0	-1,3	-3,4
	Интегрированная	38,0	46,5	42,3	4,8	12,8	5,8	15,5

Препарат Стернифаг, СП на их фоне обусловил повышение параметров соответствующих показателей на 1,3-2,1 шт., 0,2-0,6 см, 1,0-1,4 шт., 2,8-3,1 см, за исключением повышения массы 1000 зёрен только на фоне интегрированной СЗР на 10,0 г.

Таблица 6 - Влияние систем защиты растений озимой пшеницы на структуру урожая, 2021 г.

Системы защиты		Продуктивных стеблей, шт.	Длина колоса, см	Колосков в колосе, шт.	Высота растения, см	Масса 1000 зёрен, г
Контроль		1,8	7,7	17,0	70,1	36,0
–	Химическая	2,3	8,5	17,7	76,0	38,0
	Биологизированная	2,2	8,1	17,6	75,2	38,5
	Интегрированная	2,7	8,8	18,6	79,0	36,5
Стернифаг, СП	Химическая	3,6	8,5	18,7	79,0	38,0
	Биологизированная	4,3	8,7	19,0	78,0	37,0
	Интегрированная	4,4	9,0	19,7	82,1	46,5

В итоге, при сочетании препарата с системами защиты растений количество продуктивных стеблей увеличилось на 1,8-2,6 шт., длина колоса на 0,8-1,3 см, количество колосков в колосе на 1,7-2,7 шт., высота растения на 7,9-12,0 см, масса 1000 зёрен на 1,0-10,5 г.

Выводы. 1. Снижение распространения корневых гнилей озимой пшеницы на 3,4% обусловлено применением химической и биологизированной систем защиты растений и на 4,2% интегрированной при 11,7% на контроле. Препарат Стернифаг, СП на их фоне способствовал дополнительному снижению соответственно ещё на 2,9, 1,7 и 2,9%. Более высокое значение препарата (-3,3%) проявилось в условиях с резким дефицитом атмосферных осадков (ГТК 0,6; 2020 г.), когда в сочетании с химической и интегрированной системами защиты распространение болезни стало ниже на 10,0%.

2. Системы защиты растений обеспечили снижение развития корневых гнилей на 1,2-2,5% при 5,3% на контроле. На их фоне Стернифаг, СП способствовал снижению ещё на 0,9-1,1%, а в год с более выраженным недостатком атмосферных осадков оно составило 5,0%.

3. При распространении болезни септориоз в посевах озимой пшеницы без применения средств защиты растений от заболеваний 22,1% системы защиты на 2,9-5,4% снизили его. На их фоне препарат Стернифаг, СП привел к снижению распространения болезни ещё на 1,7-4,6%, что позволило комбинациям его с системами защиты довести темпы снижения до 6,7-8,3%.

4. Совместное применение препарата Стернифаг, СП с химической, биологизированной и интегрированной системами защиты растений сопровождалось снижением развития септориоза, соответственно на 3,3, 4,0 и 4,8% при доле препарата в этом равной 1,4, 2,1 и 2,2%.

5. Сочетание химической и биологизированной систем защиты растений с препаратом Стернифаг, СП способствовало получению практически одинаковой прибавки урожайности зерна, соответственно 1,84 и 1,77 т/га (+34,4 и +33,1%). Наибольшее увеличение урожайности – на 3,75 т/га (+70,1%) было обеспечено совместным использованием препарата и интегрированной системы защиты растений.

6. Химическая и биологизированная системы защиты растений обусловили тенденцию к увеличению массы 1000 зерен соответственно на 1,5 и 1,3 г. Влияние препарата Стернифаг, СП заметно проявилось при совместном применении препарата с интегрированной системой, где масса возросла на 4,8 г (+12,8%) за счёт действия его на фоне этой системы (+5,8 г; +15,8%).

Библиография

1. Гришечкина, Л.Д. Микробиологические препараты для защиты пшеницы от возбудителей грибных болезней / Л.Д. Гришечкина, В.И. Долженко // Агрохимия. – 2017. – № 6. – С. 81-91.
2. Гришечкина Л.Д. Стернифаг для защиты посевов зерновых колосовых культур от корневой гнили / Л.Д. Гришечкина, В.А. Павлюшин // Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации». – 2018. Выпуск №10. – С. 193-195.

3. Дёмина О.С. Эффект корневых выделений культурных растений на рост сорных видов / О.С. Дёмина, Ю.С. Ларикова, М.Н. Кондратьев // Природа. – 2018. – № 1 (1229). – С. 59-64.
4. Здрожевская С.Д. Влияние погодных условий на эффективность протравителей / С.Д. Здрожевская, Л.Д. Гришечкина // Защита и карантин растений. – 2019. – № 2. – С. 11-12.
5. Коломбет Л.В. Научное обоснование и практическая реализация технологии создания грибных препаратов для защиты растений от болезней // Автореферат дис. докт. биол. наук. – М. : 2006. – 42 с.
6. Куликова М.А. Влияние аллелопатических свойств экстракта *Matricaria chamomilla* L. на всхожесть семян и формирование проростков культурных растений / М.А. Куликова, А.Г. Ступаков, В.И. Желтухина, С.И. Панин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 7. – С. 26-32.
7. Куренская О.Ю. Обследование посевов эхинацеи пурпурной на засоренность, зараженность болезнями и вредителями / О.Ю. Куренская, И.В. Кулишова, А.Г. Ступаков // В сборнике: Проблемы и решения современной аграрной экономики. Материалы конференции. – 2017. – С. 161-162.
8. Пахолкова Е.В. Динамика видового состава возбудителей септориоза пшеницы в различных регионах России / Е.В. Пахолкова, Н.Н. Сальникова, Н.А. Куркова // Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации». – 2018. – Выпуск № 10. – С. 123-127.
9. Ступаков А.Г. Влияние удобрений на биологическую активность почвы и продуктивность озимой пшеницы / А.Г. Ступаков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев, Куликова М.А., Ширяева Н.В., Кулишова И.В. // В сборнике: Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов международной научно-практической конференции. Курск : ВНИИЗПЭ, 2017. – С. 290-295.

References

1. Grishechkina, L.D. Microbiological preparations for the protection of wheat from pathogens of fungal diseases / L.D. Grishechkina, V.I. Dolzhenko // Agrochemistry. – 2017. – No. 6. – pp. 81-91.
2. Grishechkina L.D. Sternifag for the protection of grain crops from root rot / L.D. Grishechkina, V.A. Pavlyushin // Materials of the International scientific and practical conference "Biological plant protection - the basis of stabilization of agroecosystems. Formation and prospects for the development of organic farming in the Russian Federation". – 2018. Issue No. 10. – pp. 193-195.
3. Demina O.S. Effect of root secretions of cultivated plants on the growth of weed species / O.S. Demina, Yu.S. Larikova, M.N. Kondratiev // Nature. – 2018. – № 1 (1229). – С. 59-64.
4. Zdrozhevskaya S.D. Influence of weather conditions on the effectiveness of protectants / S.D. Zdrozhevskaya, L.D. Grishechkina // Protection and quarantine of plants. – 2019. – No. 2. – pp. 11-12.
5. Kolombet L.V. Scientific justification and practical implementation of the technology of creating mushroom preparations for plant protection from diseases // Abstract of dis. doct. biol. sciences. – М. : 2006. – 42 p.
6. Kulikova M.A. Influence of allelopathic properties of *Matricaria chamomilla* L. extract. on the germination of seeds and the formation of seedlings of cultivated plants / M.A. Kulikova, A.G. Stupakov, V.I. Zheltukhina, S.I. Panin // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2021. – No. 7. – pp. 26-32.
7. Kurenskaya O.Yu. Examination of echinacea purpurea crops for contamination, infection with diseases and pests / O.Yu. Kurenskaya, I.V. Kulishova, A.G. Stupakov // In the collection: Problems and solutions of modern agrarian economy. Conference materials. – 2017. – pp. 161-162.
8. Pakholkova E.V. Dynamics of the species composition of wheat septoria pathogens in various regions of Russia / E.V. Pakholkova, N.N. Salmnikova, N.A. Kurkova // Materials of the International scientific and practical conference "Biological plant protection - the basis of stabilization of agroecosystems. Formation and prospects for the development of organic farming in the Russian Federation". – 2018. – Issue No. 10. – pp. 123-127.
9. Stupakov A.G. The influence of fertilizers on the biological activity of soil and productivity of winter wheat / A.G. Stupakov, L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev, Kulikova M.A., Shiryayeva N.V., Kulishova I.V. // In the collection: Agroecological problems of soil science and agriculture. Collection of reports of the international scientific and practical conference. Kursk : VNIIZPE, 2017. – pp. 290-295.

Сведения об авторах

Ступаков Алексей Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru

Морозов Денис Олегович, генеральный директор ООО НИЦ «Агробиотехнология», с. Чураево, Шебекинский городской округ, Белгородская область, +7-916-364-14-73, e-mail: director@bioprotection.ru

Куликова Марина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: kursori-2010@mail.ru

Букреев Виктор Владимирович, агроном-фитопатолог ООО НИЦ «Агробιοтехнология», с. Чураево, Шебекинский городской округ, Белгородская область, +7-930-061-13-54, e-mail: bukreev@greenport.ru

Желтухина Валентина Ивановна, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: valentinsoloveva@mail.ru

Щедрина Юлия Евгеньевна, аспирантка ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70

Алаши Таер Ахмед Хасан, аспирант ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70

Information about authors

Stupakov Alexey Grigoryevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru

Morozov Denis Olegovich, General Director of the center "Agrobiotechnology", S. Churaevo, shebekinskiy Gorodskoy Okrug, Belgorod oblast, +7-916-364-14-73, e-mail: director@bioprotection.ru

Kulikova Marina Alekseevna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor of the Department of agricultural chemistry, land management, ecology and landscape architecture, FGBOU VO Belgorod state agricultural UNIVERSITY, ul Vavilova, d, 1, p. may, Belgorod region, Belgorod oblast, Russia, 308503, tel: +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru

Bukreev Viktor Vladimirovich, agronomist-phytopathologist of SIC Agrobiotechnology LLC, Churaevo village, Shebekinsky city district, Belgorod region, +7-930-061-13-54, e-mail: bukreev@greenport.ru

Zheltukhina Valentina Ivanovna, Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: valentinsoloveva@mail.ru

Shchedrina Yulia Evgenievna, postgraduate student, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70

Alashei Thaer Ahmed Hasan, PhD student, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 633.15

А.Ф. Дорофеев, Н.М. Хайбулаева

СОСТОЯНИЕ ЗЕРНОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Нарращивание производства зерна имеет решающее значение в подъеме всех отраслей сельского хозяйства. Производство зерна для любого региона страны, в том числе и для Республики Дагестан, всегда было и остается исключительно актуальной проблемой.

Независимо от производственного направления хозяйства в современных условиях рост производства зерна, как правило, должен быть обязательным для каждого из них, так как зерновое хозяйство является основой всего сельскохозяйственного производства.

Растущее животноводство республики нуждается в значительном увеличении производства зерна, так как один из главных и неотъемлемых компонентов кормовых рационов является зерно. При этом необходимо учитывать, что в республике сосредоточено около 21,5% российского поголовья овец и коз и 5,3% поголовья крупного рогатого скота (по численности овцепоголовья республика занимает первое место, а по крупному рогатому скоту третье место по РФ) [7].

В Республике Дагестан имеются значительные резервы для увеличения объемов производства зерна и повышения его экономической эффективности. В аграрном секторе РД работают свыше 2 тысяч сельскохозяйственных формирований различных организационно-правовых форм собственности, 11,5 тысяч крестьянских (фермерских) хозяйств и около 438 тысяч личных подсобных хозяйств населения и др. В 2020 году прирост валовой продукции сельского хозяйства республики составил 1,3% и достиг 141,5 млрд рублей и было произведено 422,4 тыс. тонн зерновых и зернобобовых.

Ключевые слова: сельское хозяйства, зерно, рис, эффективность, техника, мелиорация, удобрения.

THE CONDITION OF REPUBLIC OF DAGESTAN'S CEREAL SUB-SECTOR AND THE WAYS OF IMPROVEMENT OF GRAIN PRODUCTION EFFICIENCY

Abstract. An increase of cereal production is crucial for all agriculture sectors advancement. Grain production has always been an extremely urgent issue for any region of the country, including the Republic of Dagestan.

Regardless of the production trends of the economy at present, an increase of grain production, as a rule, should be mandatory for them, since grain farming is the basis of all agricultural production.

The growing animal breeding in Dagestan requires a significant increase in grain production, because one of the main and integral components of feed rations is grain and it should be taken into consideration that about 21.5% of the Russian population of sheep and goats and 5,3% of the cattle livestock are concentrated in the republic. In terms of the number of sheep, Dagestan ranks first, and in terms of cattle, the third in the Russian Federation [8].

The Republic of Dagestan has considerable reserves for increasing the volume of grain production and improving its economic efficiency. More than 2 thousands agricultural units of various organizational and legal forms of ownership, 11,5 thousands peasant (farms) households and about 438 thousands personal subsidiary plots act in the agrarian sector of the Republic of Dagestan. The growth in gross agricultural output of the republic amounted to 1.3% and reached 141,5 billion rubles in 2020. Moreover, Dagestan agricultural enterprises produced 422,4 thousand tons of grain and legumes in 2020.

Keywords: agriculture, grain, rice, efficiency, technique, reclamation, fertilizers.

Цель исследований – анализировать состояние зерновой отрасли Республики Дагестан и предложить пути повышения экономической эффективности производства в условиях ограниченности финансовых и научно-технических возможностей сельскохозяйственных предприятий.

Введение

Сельское хозяйство Республики Дагестан представляет собой сложную систему, в то же время является частью общей системы – народного хозяйства. Республика Дагестан относится к числу регионов России, где динамично развивается сельское хозяйство. В 2020 году прирост валовой продукции сельского хозяйства составил 1,3% и достиг 141,5 млрд рублей [7].

Несмотря на пестроту физико-географических условий, резко выраженную вертикальную зональность, природные условия Дагестана благоприятствуют развитию многих отраслей сельского хозяйства. Наличие природных богатств, энергетических, сырьевых и трудовых ресурсов, удобные морские, железнодорожные и шоссейные пути, связывающие республику с другими регионами и странами, способствуют ее значительному экономическому развитию.

Результаты исследований. Аграрный сектор экономики Республики Дагестан является системообразующим, в значительной степени определяющим эффективное состояние всего народного хозяйства республики. В его состав входят более 2000 сельскохозяйственных формирований - различных организационно - правовых форм, свыше 11,5 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств и около 438 тысяч личных подсобных хозяйств населения. Доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте составляет – 20,8%. В нем занято до 30% численности экономически активного населения и сконцентрировано около 12% основных производственных фондов.[7].

Ключевой проблемой сельского хозяйства республики, является недостаточные объемы производства зерна, в Республике Дагестан имеются значительные резервы для увеличения объемов производства зерна и повышения его экономической эффективности.

Дагестан занимает территорию, общей площадью 50,3 тысячи кв. км. Всего здесь имеется 3 231,6 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из которых 463,9 тыс. га приходится на пашню, 63,9 тыс. га – на многолетние насаждения и 2 703,7 тыс. га на сенокосы и пастбища.

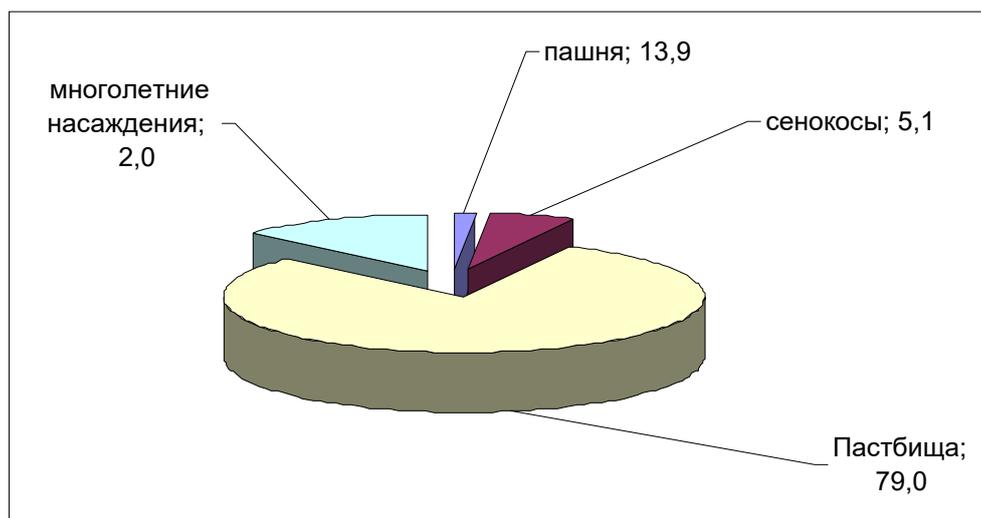


Рис. 1 - Структура сельскохозяйственных угодий сельхозпредприятий Республики Дагестана 2020г. (в %)

Источник: Сельское хозяйство Республики Дагестан // Буклет министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан г. Махачкала - 2020

В 2020 г. сельскохозяйственными предприятиями Республики Дагестан было произведено 422,3 тыс. тонн зерновых и зернобобовых, в том числе пшеницы озимой и яровой 184,5 тыс. тонн, ячмень озимой и яровой – 67,1 тыс. тонн, кукурузы на зерно – 59,2 тыс. тонн, риса – 111,6, тыс. тонн. Озимые колосовые в хозяйствах Дагестана являются ведущими зерновыми культурами, и в зерновом балансе на их долю приходится более 70%.

Основными производителями зерновых культур в Республике Дагестан являются хозяйства населения – в 2020 году на их долю приходится 44,7%, произведенного зерна, сельскохозяйственные предприятия произвели 38,5% зерна, а крестьянско-фермерские хозяйства занимают 16,8% в общем объеме произведённого зерна в республике [7].

Земледелие северного равнинного Дагестана имеет зерновое направление с развивающимся производством кормовых культур. Эта зона располагает самыми крупными массивами орошаемых земель.

Более стабильное производство зерна в республике наблюдается в специализированных хозяйствах Кизлярского, Тарумовского Бабаюртовского, Хасавюртовского райо-

нов, которые расположены на территории Терско-Сулакской низменности с благоприятными почвенно-климатическими условиями и в хозяйствах Буйнакского, Каякентского, Казбековского районов, которые расположены в предгорной зоне республики и на их долю приходится более 60% всего производства зерна [8].

Валовое производство и посевная площадь зерновых в регионе в динамике лет продолжают увеличиваться (рис.2). Средняя урожайность за период наблюдения также увеличилась с 22,4 до 27,3 ц/га. Наряду с проведением мероприятий по повышению урожайности, намечается расширить посевные площади за счет неиспользуемых земель и довести их до 500 тыс. га.

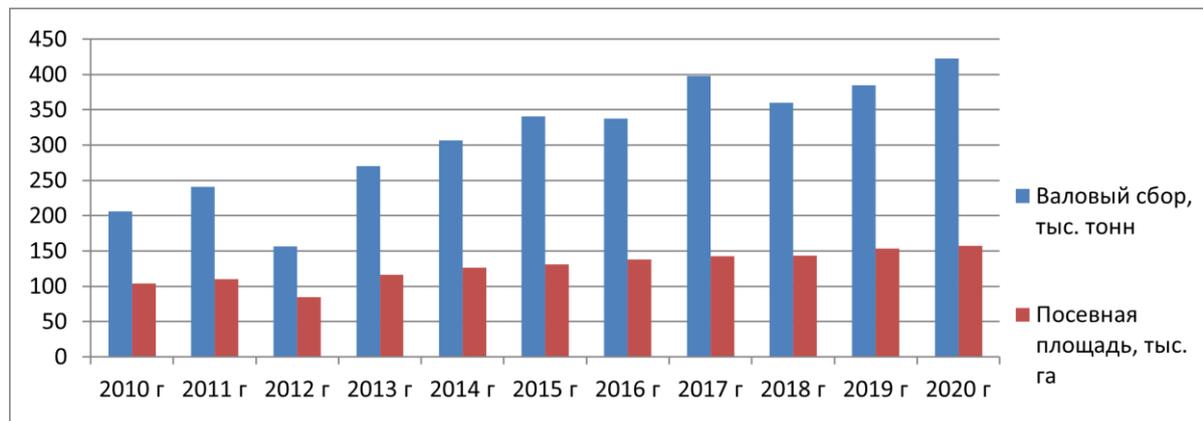


Рис. 2 - Динамика посевной площади и валового сбора зерна в хозяйствах Республики Дагестан 2010-2020 гг.

Источник: Сельское хозяйство Республики Дагестан // Буклет министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан г. Махачкала - 2020

Анализ данных рисунка-2 показывают, что среднегодовое производство зерна за последние 10 лет колеблется в пределах 205,8 - 422,3 тыс. тонн. Эти значительные колебания за весь период наблюдения, считаю, связаны недостаточным обеспечением материально-техническими ресурсами, минеральными удобрениями и не благоприятными природно-климатическими условиями.

Чтобы иметь прочную базу, способную удовлетворить потребность населения в хлебе, животноводства – концентрированными кормами, необходимо производить ежегодно по одной тонне зерна в расчете на душу населения, а анализ современного состояния отрасли свидетельствует о том, что республика обеспечивает себя продовольственным и фуражным зерном только на 30%.

На наш взгляд такое положение дел нельзя считать нормальным, и он не должен удовлетворять работников аграрной сферы, а возможность поднять уровень самообеспеченности зерном до 60%, используя свой производственный потенциал вполне возможно.

Вместе с тем, в мировой экономике для эффективного функционирования АПК считается достаточным уровень производства 1 т зерна на человека в год [2].

Развитие зернового производства оказывает решающее влияние на обеспечение животноводства кормами и необходимо помнить, что в республике сосредоточено около 21,5% российского поголовья овец и коз и 5,3% поголовья крупного рогатого скота (по численности овцепоголовья республика занимает первое место, а по-крупному рогатому скоту третье место по РФ).

Создание комбикормовой промышленности, способной обеспечить животноводство Республики сбалансированными по питательным элементам кормами, является важнейшим условием ускорения роста продуктивности скота.

В последние годы, в связи с увеличением поголовья скота в хозяйствах республики потребность в фуражном зерне возрастает, и его производство в настоящее время значительно отстает от потребностей животноводства. Фуражное зерно или готовый комбикорм в рес-

публику в основном завозят из Ставропольского, Краснодарского краев, и Ростовской области. Цена варьируется в зависимости от урожайности или сезона года.

Особая роль в развитии зернового хозяйства принадлежит рису. С каждым годом в нашей стране развивается производство риса, основанное на применении инженерной системы орошения [1].

Рисоводство в Дагестане также является перспективным направлением сельского хозяйства. За всю историю агропромышленного комплекса республики в 2020 году достигнут рекордный показатель по производству риса – с площади 25,6 тыс. га получено 111,6 тыс. тонн урожая, что на 80,5% больше, чем 5 лет назад (по производству риса Дагестан занимает второе место после Краснодарского края).

Развитие сельскохозяйственного производства и повышение конкурентоспособности производимой продукции в решающей степени зависит от уровня его технической оснащенности.

Главным фактором увеличения валового сбора зерна является интенсификация производства, проявляющаяся в виде роста урожайности культур. Интенсификация в зерновом производстве включает в себя увеличение внесения удобрений на 1 гектар, обновление машинотракторного парка, использование средств защиты растений [6].

По состоянию на начало 2021 г. обеспеченность растениеводства республики энергетическими мощностями не превышает 30%. При этом за пределами сроков амортизации находятся более 90% тракторов и почти 80% зерноуборочных комбайнов. Подобная картина наблюдается и по другим видам технических средств, используемых в сельскохозяйственном производстве.

В количественном отношении сельскому хозяйству республики не хватает более 40 тыс. единиц различных сельскохозяйственных и мелиоративных машин на общую сумму более 36 млрд рублей, в том числе около 6000 тракторов и 500 единиц зерно-кормоуборочных комбайнов. Обеспеченность тракторами составляет 47%, почвообрабатывающей техникой – 20%, кормозаготовительной техникой – 58%, посевной техникой – 72%, машинами для повышения плодородия почвы – 5%, машинами для защиты растений – 40% [7].

Однако необходимо отметить, что в последние годы на уровне республики предпринимаются дополнительные меры по увеличению темпов технической модернизации. В частности, создаются благоприятные условия для наращивания объемов закупок сельскохозяйственной техники, используя механизмы лизинга и субсидирования из республиканского бюджета РД.

Развитие рынка лизинговых услуг осуществляется путем совершенствования республиканского лизинга, расширения сотрудничества с АО «Росагролизинг» и другими коммерческими лизинговыми компаниями. Эти меры позволили хозяйствующим субъектам АПК республики в последние годы заметно увеличить закупки сельскохозяйственной техники.

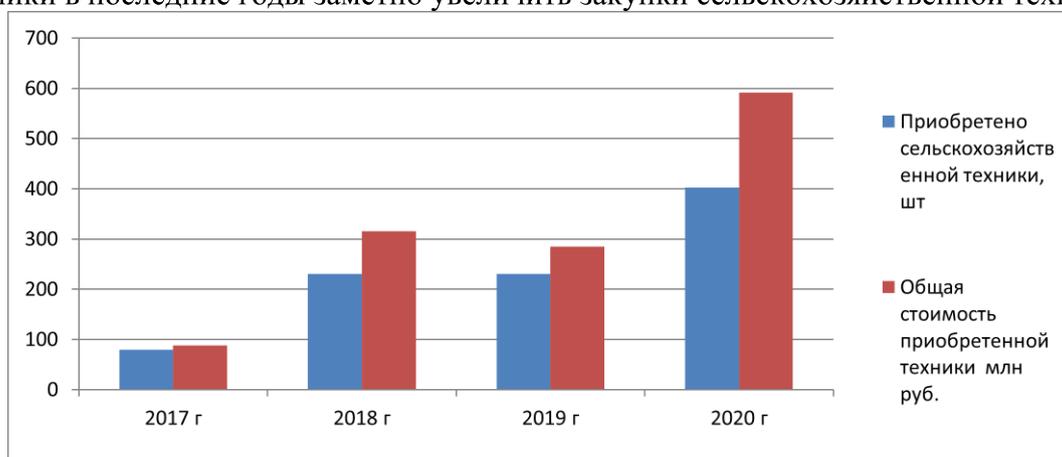


Рис. 3 - Динамика приобретения и общая стоимость сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственных предприятиях Республики Дагестан 2017-2020 гг.

Источник: Сельское хозяйство Республики Дагестан // Буклет министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан г. Махачкала - 2020

В частности, в 2020 году закуплено 402 единиц сельскохозяйственной техники, в том числе тракторов 101 единиц и зерноуборочных комбайнов 14. При этом общая стоимость закупленной техники составила 591,4 млн рублей – это 154% к показателю 2019 года (рис 3).

Среди технологических мероприятий, обеспечивающих прибавку урожая зерновых культур, удобрения занимают большой удельный вес (50% и более). Поэтому совершенствованию приемов использования удобрений, обеспечивающих получение планируемых урожаев с минимальными затратами, при одновременном повышении эффективного плодородия почв, уделяется большое внимание в зерноводческих хозяйствах республики [4].

Одно из условий эффективного использования основных производственных основных фондов в сельскохозяйственных отраслях это поддержание определенных пропорций между ростом технического оснащения сельскохозяйственного производства и обеспеченностью минеральными и органическими удобрениями. Как бы ни были значительны затраты на техническое оснащение сельского хозяйства, недостаточное внесение удобрений в единицу земельной площади не позволит обеспечить соответствующее увеличение производства продукции [2, 4].

Внесение полного комплекта минеральных удобрений под зерновые культуры дает прибавку урожая на 15-20 ц/га. Однако сельскохозяйственные предприятия республики все еще испытывают острый недостаток в минеральных удобрениях.

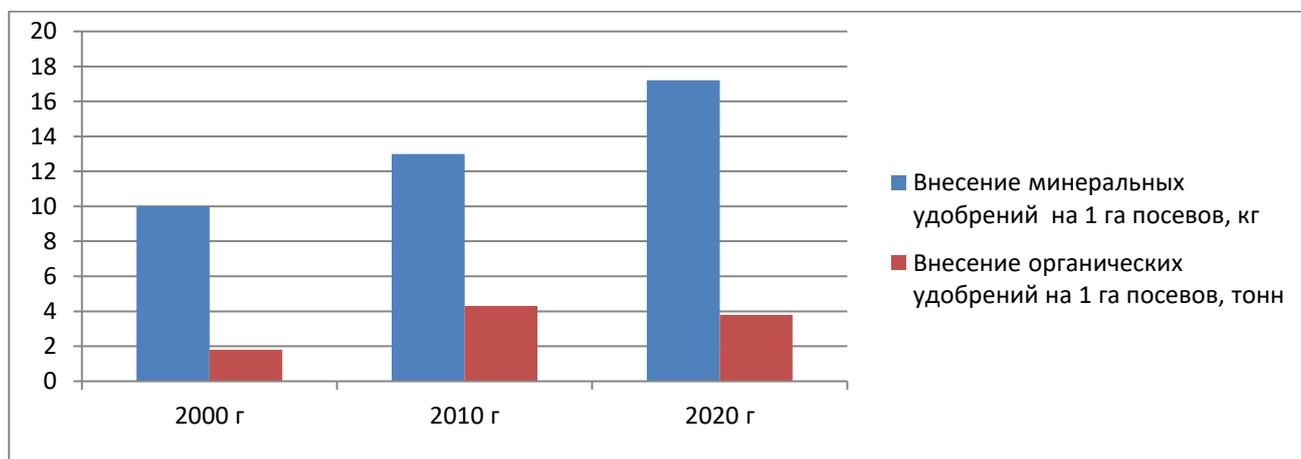


Рис. 4 - Внесение минеральных и органических удобрений под посевы зерновых культур в сельхозпредприятиях Республики Дагестан 2000-2020 гг.

Источник: Сельское хозяйство Республики Дагестан // Буклет министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан г. Махачкала - 2020

Количество внесённых удобрений (минеральных и органических) на 1 га под посевы зерновых в сельхозпредприятиях Республики Дагестан представлено на рисунке 4.

Анализ рисунка 4 показывает, что внесение минеральных удобрений на 1 га посевов в 2020 году увеличилась на 72%, по сравнению с 2000 годом, а количество органических удобрений в 2020 г. на 1 га посевов по сравнению с 2000 г увеличилось в 2,1 раза.

Необходимо также отметить, основной фактор повышения урожайности – это улучшение семеноводства и переход на возделывание новых, наиболее продуктивных сортов и гибридов, имеющих высокие производственные характеристики [2, 4].

Для получения стабильно высоких урожаев и качественного зерна, особое внимание необходимо уделять научно обоснованному подбору сортов. При составлении сортового набора требуется учитывать такие данные о зоне возделывания как климат, плодородие и исходные характеристики почвы, структуры посевов, обеспеченность минеральными удобрениями и средствами защиты растений.

Выбор сорта определяющий фактор интенсификации, только благодаря правильному подбору сорта можно повысить урожайность культур на 30-50%. По данным ученых Дагестанского НИИСХ, урожайность нового сорта пшеницы «Крупинка», по сравнению со стан-

дартным сортом оказалась выше на 26,8% и достигла 53,4 ц/га. При этом материалоемкость зерна по затратам семян снизилась: в натуре – на 13,8%, а в денежной оценке – на 9,6%, хотя на гектар посева норма высева была больше [4].

В условиях Республики Дагестан, с недостаточным количеством осадков, решающее значение имеет правильное использование орошаемых земель. Дагестан занимает первое место в России по площади орошаемых земель, и она в регионе составляет 395,6 тыс. га., в том числе пашня – 277,8 тыс. га [7].

В развитии агропромышленного комплекса республики мелиорация всегда играла и играет очень важную роль. На орошаемых землях республики производится 100% риса и овощей, 73% зерновых культур. В настоящее время более половина орошаемых земель сельскохозяйственных предприятий республики находится в не удовлетворительном состоянии, и продуктивность этих земель уменьшена почти на 50-60%.

Многие земли нуждаются в улучшении, проведении мелиоративных мероприятий, свыше 2/3 общей площади сельскохозяйственных земель региона приходится на зону недостаточного увлажнения.

Экономическая сущность мелиорации заключается в том, можно получить дополнительно примерно 88 тыс. ц зерна при условии, что урожайность зерновых культур на фактически поливаемых посевах на 5,5 ц/га выше, чем на не поливаемых.

В последние годы модернизации мелиоративных систем в Дагестане уделяется большое внимание, в 2019-2020 гг. правительство республики направило на субсидирование мелиоративной системы 500 млн руб. и эта мера позволила восстановить и реконструировать мелиоративную сеть на 17 тыс. га и дополнительно получить продукцию сельского хозяйства на 1 млрд руб.

Следовательно, мелиорация земель – это основной признак технического прогресса в сельском хозяйстве, благодаря чему сельскохозяйственное производство становится все более совершенным, что обеспечивает высокие и устойчивые урожаи и следовательно, повышение эффективности сельского хозяйства. Вместе с тем темпы роста мелиоративных работ еще не соответствуют современным требованиям, существенные недостатки имеются и в использовании орошаемых земель [3].

Таким образом, анализ финансово-экономических показателей сельскохозяйственных предприятий, в частности, зернового подкомплекса с учетом природно-климатических условий Республики Дагестан показывает, что для улучшения экономического состояния предприятий, прежде всего, необходимо максимально эффективно использовать все имеющиеся производственные ресурсы. Добиться роста урожайности на основе интенсивных технологий, укрепления материальной технической базы, более рационального использования орошаемых земель, широкого применения удобрений, улучшения качества посева.

Библиография

1. Алтухов А.И. Развитие рисоводства требует более совершенного организационно-экономического механизма // Экономика сельского хозяйства России. 2016. – № 7. С. 38-48.
2. Ерещенко Ф. Состояние и перспективы устойчивого производства -высококачественного зерна в Ставропольском крае / Огонян Л., Сторчак И. // АПК: экономика, управление. 2020. – № 3. С. 55-66.
3. Ибрагимов А.Д. Модернизация мелиоративного комплекса республики Дагестана на основе инновации. / Ибрагимова З.А. // Проблемы развития АПК региона. 2015. – № 3 (23). С. 100-102.
4. Казиев М.-Р. А. Усовершенствованная технология возделывания нового сорта озимой твердой пшеницы Крупинка в Терско-Сулакской подпровинции Дагестана / Магомедов Р. Н. и др. // Проблемы развития АПК региона. 2017. – № 4 (32) С. 62-65.
5. Нечаев В. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур как основа устойчивого развития растениеводства в Российской Федерации: от импорта к экспорту семян / Михайлушкин П., Попок Л. // АПК: экономика, управление. 2021. – № 2. С.46-55.
6. Рудой Е. Научно-технологическое развитие зернового производства России: комплексная оценка, проблемы и пути решения / Петухова М. // АПК: экономика, управление. 2021. – С. 71-80.
7. Сельское хозяйство Республики Дагестан // Буклет министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан г. Махачкала. – 2020. С. 6-23.
8. Хайбулаева Н.М. Специализация и концентрация производства зерна: основа роста урожайности и снижение себестоимости // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Инновационное

развитие АПК: проблемы и перспективы кадрового обеспечения отрасли и внедрения достижений аграрной науки». 2020. С. 366-370.

References

1. Altukhov A.I. Development of rice growing requires a more perfect organizational and economic mechanism // *Economy of agriculture in Russia*. 2016. – No 7. P. 38-48.
2. Ereshenko F. State and prospects of sustainable production of high-quality grain in the Stavropol Territory / Ogonyan L., Storchak I. // *Agroindustrial complex: economics, management*. 2020. – № 3. P. 55-66.
3. Ibragimov A.D. Modernization of the reclamation complex of the Republic of Dagestan on the basis of innovation. / Ibragimova Z.A. // *Problems of development of the agro-industrial complex of the region*. 2015. – No 3. (23). P. 100-102.
4. Kaziev M.-R. A. Improved technology of cultivation of a new variety of winter durum wheat Krupinka in the Tersko-Sulak sub-province of Dagestan / Magomedov R. N. et al. // *Problems of the development of the agro-industrial complex of the region*. 2017. – No. 4 (32) P. 62-65.
5. Nechaev V. Selection and seed production of agricultural crops as the basis for sustainable development of crop production in the Russian Federation: from import to export of seeds / Mikhailushkin P., Popok L. // *АПК: economics, management*. 2021. – No 2. P. 46-55.
6. Rudoy E. Scientific and technological development of grain production in Russia: a comprehensive assessment, problems and solutions / Petukhova M. // *Agroindustrial complex: economics, management*. 2021. – P. 71-80.
7. *Agriculture of the Republic of Dagestan* // Booklet of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Dagestan, Makhachkala. – 2020. P. 6-23.
8. Khaybulaeva N.M. Specialization and concentration of grain production: the basis for increasing yields and reducing costs // *Collection of materials of the international scientific and practical conference «Innovative development of the agro-industrial complex: problems and prospects of staffing the industry and the implementation of the achievements of agricultural science»*. 2020. P. 366-370.

Сведения об авторах

Дорофеев Андрей Федорович, доктор экономических наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, +7(4722) 39-22-94, dorofeev@bsaa.edu.ru

Хайбулаева Нуцалай Магомедовна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «РГЭУ (РИНХ)» филиал в г. Махачкале Республики Дагестан, 367000 Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Буйнакского, д. 11, +79285338941, haybulaeva81@mail.ru

Information about authors

Dorofeev Andrey Fedorovich, Doctor of Economics, Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Belgorod State Agrarian University, 1. Vavilova st, Maysky p. Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, +7 (4722) 39-22-94, dorofeev@bsaa.edu.ru

Khaybulaeva Nutsalai Magomedovna, teacher of the secondary vocational education department of the «Russian State Economic University (RINH)» branch in Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000 Republic of Dagestan, Makhachkala, st. Buinakskogo, 11, +79285338941, haybulaeva81@mail.ru

УДК 330.35

А.В. Курьянов

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ САДОВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ САДОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА)

Аннотация. Статья посвящена выявлению и обоснованию резервов повышения эффективности производства продукции садоводства. В настоящее время отрасль садоводства выступает одним из наиболее перспективных направлений отрасли растениеводства, владея огромным потенциалом импортозамещения. Формировать данную подотрасль помогают активность инвесторов и мероприятия государственной помощи, среди которых стимулирующие субсидии на возмещение части затрат на закладку и уход за многолетними плодовыми и ягодными насаждениями, льготное инвестиционное и краткосрочное кредитование, но кроме того возмещение понесенных затрат на создание и модернизацию объектов АПК. При исследовании экономической эффективности сферы садоводства следует принимать во внимание характерные черты этой сферы: территориальная стабильность произрастания долголетних насаждений, цикличность плодоношения и скороплодность плодовых и ягодных культур, значительную трудозатратность и сезонность производства, наличие малотранспортабельной и скоропортящейся продукции и др. Главными условиями, характеризующими размер производства продукции в садоводческих предприятиях, считаются обеспеченность их трудовыми ресурсами, основными и оборотными фондами.

В Центральном-Черноземном районе в основном уделяют внимание возделыванию семечковых культур. В структуре плодово-ягодных насаждений региона на долю таких культур приходится 95%. Остальная часть – это косточковые культуры и ягодники – 2% и 3% соответственно. Из семечковых культур наиболее распространена яблоня (97,2%), из косточковых – вишня (88,6%). Структура ягодных насаждений распределилась следующим образом: 60,3% приходится на черную смородину, 15,6% – на землянику, 14,0% – на черноплодную рябину, 6,6% – на малину.

Главными факторами, сдерживающими процесс выращивания косточковых и ягодных культур, считаются большая трудозатратность и невысокая эффективность их производства по сравнению с семечковыми культурами. Так в садоводческих предприятиях региона на производство 1 ц косточковых плодов тратится больше труда в 4-5 раз, а на 1 ц ягод – в 6-8 раз, в сопоставлении с семечковыми плодами.

На сегодняшний момент центральное место в повышении эффективности садоводства должна занимать интенсификация отрасли на основе применения последних достижений научно-технического прогресса: совершенствование породно-сортового состава многолетних насаждений, формирование высокопродуктивных активных садов путем использования слаборослых подвоев, комплексная механизация технологических процессов при возделывании плодово-ягодных культур, орошение и внесение удобрений, совершенствование организации производства и труда.

Ключевые слова: эффективность производства, импортозамещение, отрасль садоводства, оптимальный состав плодово-ягодных насаждений, садооборот.

RESERVES FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF HORTICULTURE PRODUCTION (ON THE EXAMPLE OF HORTICULTURAL ENTERPRISES OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION)

Abstract. The article is devoted to the identification and justification of reserves for improving the efficiency of horticulture production. Currently, the horticulture industry is one of the most promising areas of the crop industry, having a huge potential for import substitution. Investor activity and state aid measures help to form this sub-sector, including incentive subsidies for reimbursement of part of the costs of laying and caring for perennial fruit and berry plantations, preferential investment and short-term lending, but also reimbursement of the costs incurred for the creation and modernization of agricultural facilities. When studying the economic efficiency of horticulture, it is necessary to take into account the characteristic features of this sphere: the territorial stability of the growth of long-term plantings, the cyclicity of fruiting and the rate of fruit and berry crops, significant labor and seasonality of production, the presence of low-transportable and perishable products, etc. The main conditions characterizing the size of production in horticultural enterprises are considered to be the availability of their labor resources, fixed and revolving funds.

In the Central Chernozem region, attention is mainly paid to the cultivation of seed crops. In the structure of fruit and berry plantations in the region, such crops account for 95%. The rest is stone crops and berry crops – 2% and 3%, respectively. Of the seed crops, the apple tree is the most common (97.2%), of the stone-cherry (88.6%). The structure of berry plantations was distributed as follows: 60.3% falls on black currants, 15.6% – on strawberries, 14.0% – on chokeberry, 6.6% – on raspberries.

The main factors constraining the process of growing stone and berry crops are considered to be high labor costs and low efficiency of their production compared to seed crops. Thus, in horticultural enterprises of the region, 4-5 times more labor is spent on the production of 1ts of stone fruits, and 6-8 times more on 1ts of berries, in comparison with pome fruits.

At the moment, the intensification of the industry based on the application of the latest achievements of scientific and technological progress should occupy a central place in improving the efficiency of horticulture: improvement of the breed and varietal composition of perennial plantings, the formation of highly productive active gardens through the use of low-growing rootstocks, complex mechanization of technological processes in the cultivation of fruit and berry crops, irrigation and fertilization, improvement of the organization of production and labor.

Keywords: production efficiency, import substitution, horticulture industry, optimal composition of fruit and berry plantations, horticultural turnover.

В питании человека плодово-ягодная продукция играет важную роль. Садоводство является одной из основных отраслей сельского хозяйства страны. Фрукты – это незаменимые продукты питания. Они обладают лечебными свойствами и способствуют профилактике заболеваний.

В 2020 г. в Российской Федерации собрано 3,6 млн. т плодов и ягод, что на 2,2% превосходит показатель 2019 г. При этом, невзирая на негативные атмосферные условия в ряде регионов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, валовой сбор в промышленном секторе достиг рекордных 1,2 млн. т.

Повышение размеров производства в главную очередь сопряжено со значительными темпами закладки нынешних активных садов, а также питомников. Главными видами выращиваемых в стране фруктов и ягод являются яблоки, сливы, вишня, черешня, абрикос, смородина, малина, голубика и земляника [1].

В наше время садоводство – одно из наиболее перспективных направлений отрасли растениеводства, обладающее существенным потенциалом импортозамещения. Формированию подотрасли содействуют активность инвесторов и мероприятия господдержки, среди которых стимулирующие субсидии на возмещение части затрат на закладку и уход за многолетними плодовыми и ягодными насаждениями, льготное инвестиционное и краткосрочное кредитование, также компенсация прямых понесенных затрат на создание и модернизацию объектов АПК.

Эффективность производства продукции садоводства – это комплексная экономическая категория, отражающая сущность процесса расширенного воспроизводства. Она определяется равно как производственными расходами, так и величиной производственных ресурсов.

При изучении экономической эффективности отрасли садоводства необходимо учитывать характерные черты данной сферы: территориальная стабильность произрастания многолетних насаждений, цикличность плодоношения и скороплодность плодовых и ягодных культур, значительная трудозатратность и неравномерность производства, присутствие больших объемов малотранспортабельной и скоропортящейся продукции и др., которые существенно влияют на ее уровень.

Центрально-Черноземный район является одним из основных регионов товарного садоводства Российской Федерации. Здесь размещено 15,2% плодовых насаждений и производится около 20% плодов и ягод.

Значительные площади плодово-ягодных насаждений находятся в Липецкой и Воронежской областях, соответственно 31,9 тыс. га и 30,1 тыс. га садов и ягодников. В Белгородской области расположено 24,7 тыс. га плодово-ягодных культур, в Курской – 21,2 тыс. га, в Тамбовской области – 18,0 тыс. га.

Площадь садов и ягодников за последние 20 лет сократилась на 74,6 тыс. га. Значительное снижение площади многолетних насаждений можно наблюдать в неспециализированных предприятиях. В таких организациях площадь садов не превышает 50-80 га, урожайность их находится на очень низком уровне (10-15 ц с 1 га), производство продукции садоводства убыточно.

В Центрально-Черноземном районе уделяют внимание в основном возделыванию семечковых культур. В садоводческих предприятиях района на них приходится 95% в структу-

ре плодово-ягодных насаждений. Косточковые культуры и ягодники занимают соответственно 2% и 3%. Из семечковых культур максимальную долю занимает яблоня (97,2%), из косточковых – вишня (88,6%). В структуре ягодных насаждений лидирующая позиция принадлежит черной смородине – 60,3%. Незначительная часть приходится на землянику – 15,6%, черноплодную рябину – 14,0%, малину – 6,6%.

Важнейшими факторами, замедляющими развитие производства косточковых и ягодных культур, считаются значительная трудозатратность и более низкая эффективность их производства по сравнению с семечковыми культурами. В специализированных предприятиях региона на производство 1 ц косточковых плодов затрачивается больше труда в 4-5 раз, а на 1 ц ягод – в 6-8 раз, по сравнению с семечковыми плодами.

В настоящее время вместе с садами сильнорослых (семенных) подвоев стали закладывать насаждения, которые выращены с применением слаборослых (клоновых) подвоев. В Центрально-Черноземном районе такие сады занимают 2,5 тыс. га или 5% от совокупной площади насаждений садоводческих организаций. В соответствии со Всероссийским НИИ садоводства им. И.В. Мичурина посадка яблони на слаборослых подвоях должна составить не менее 30-40%.

Экономическая эффективность садоводства в настоящее время определяется воздействием сложного комплекса природно-климатических, научно-технических и организационно-экономических факторов.

Очень высоких показателей экономической эффективности производства достигли садоводческие организации, развивающиеся по типу агропромышленных. В них урожайность плодовых культур на 25-35% выше, прибыль на гектар плодоносящих насаждений в 1,5-2 раза больше, себестоимость единицы плодовой продукции на 15-20% ниже, чем в простых аграрных формированиях.

В процессе корреляционно-регрессионного анализа установлено влияние отдельных факторов на эффективность производства в садоводческих предприятиях Тамбовской области. Получена модель вида:

$$Y=1,012x_1^{-0,272} * x_2^{0,156} * x_3^{0,675} * x_4^{0,381}$$

Из полученной модели следует, что в специализированных садоводческих предприятиях увеличение площади аграрных угодий (x_1) на 1% ведет к уменьшению объема валовой продукции на 0,272%; прирост основных фондов (x_2) на 1% обеспечивает увеличение производства на 0,156%; рост численности сотрудников (x_3) к производственным затратам на единицу земельной площади на 1% содействует росту валовой продукции соответственно на 0,675 и 0,381%. Относительный показатель множественной корреляции составил 0,934, что говорит о тесной связи между объемом производимой продукции и действующими факторами. Значение F-критерия Фишера равно 14,67, что подтверждает надёжность модели 99% [2].

Таким образом, основными факторами, которые определяют объём производства валовой продукции сельского хозяйства в садоводческих предприятиях, являются обеспеченность предприятия трудовыми ресурсами, основными и оборотными фондами.

Важнейшее значение в повышении эффективности садоводства принадлежит интенсификации отрасли на базе внедрения достижений научно-технического прогресса.

Ведущими направлениями интенсификации садоводства считается усовершенствование породно-сортового состава многолетних насаждений, создание высокопродуктивных интенсивных садов с использованием слаборослых подвоев, комплексная механизация возделывания плодово-ягодных культур, широкое использование орошения и удобрений, улучшение организации производства и труда.

Повышения эффективности производства в садоводческих организациях можно достичь путем подбора культур, обеспечивающего углубление специализации производства определённых видов плодово-ягодной продукции и равномерную загрузку рабочей силы на протяжении всего периода сельскохозяйственных работ.

Нами разработана экономико-математическая модель по оптимизации породного со-

става плодово-ягодных насаждений в ТОО им. И.В. Мичурина Тамбовской области. В результате заключения задачи была определена лучшая структура насаждений (таблица 1).

Таблица 1 – Подходящий состав плодово-ягодных насаждений в ТОО им. И.В. Мичурина Тамбовской области

Показатели	Всего насаждений, га	в том числе				
		яблоня	вишня	земляника	смородина	крыжовник
Общая земельная площадь, га – всего	775	620	62	39	39	15
в т.ч. плодоносящая	525,8	434	46,4	13	23,4	9
молодые	190,7	155	14,3	13	3,9	4,5
Ежегодная раскорчевка и закладка	58,5	31	1,3	13	11,7	1,5

Установление подходящей пропорции соотношения плодовых и ягодных культур позволит увеличить прибыль с гектара плодоносящих насаждений до 14246 руб., а прибыль в целом от отрасли садоводства может достигнуть 2230,3 тыс. руб., уровень рентабельности производства плодов и ягод увеличить с 94,1% до 214,6%.

Необходимой составляющей интенсивного садоводства считается орошение. Оно позволяет увеличить урожайность садов и ягодников в 1,4-1,8 раза и значительно повысить эффективность отрасли садоводства. К примеру, в специализированных предприятиях Тамбовской области урожайность садов составила 76,3 ц с 1 га. Урожайность орошаемых ягодных культур составила 86,3 ц с 1 га, что почти в 2,2 раза выше, чем без него.

При глубоком внесении минеральных удобрений урожайность садов возрастает на 30-40%, что положительно сказывается на эффективности производства. Так, в ТОО «Новоусманский» Воронежской области внесение минеральных туков (90 кг д.в. на 1 га) указанным способом позволило увеличить урожайность Антоновки обычной на 41,9%, Пепина шафранного на 35%.

Повышению эффективности садоводства содействует так же использование поточной технологии уборки и транспортировки плодов в саду. По сведениям Всероссийского НИИ садоводства им. И.В. Мичурина это гарантирует увеличение производительности труда в 1,5 раза и больше, наращивает выход товарной продукции не менее, чем на 10-15% и позволяет понизить себестоимость единицы продукции на 15-20%.

Одним из направлений увеличения эффективности плодов и ягод считается углубление специализации садоводческих предприятий. Наиболее высоких показателей эффективности отрасли садоводства добились организации, в которых удельный вес плодово-ягодной продукции в структуре товарной продукции составляет более 60%. В таких предприятиях урожайность садов выше в 1,5-2,0 раза, прибыль на гектар плодоносящих насаждений больше в 2-3 раза, рентабельность отрасли садоводства повыше на 60-70%, а себестоимость единицы продукции ниже на 30-40%, затраты труда на 1 ц плодов ниже на 50-60%, чем на предприятиях, где степень специализации менее 45% [4].

Слияние в едином технологическом процессе выращивания, сохранения и переработки продукции позволяет уменьшить издержки на производство плодов и ягод, увеличить объемы производства и его эффективность. Это возможно осуществить в рамках агропромышленного садоводческого предприятия или объединения.

Проведенное исследование и обобщение результатов работы современных агропромышленных формирований позволяют сделать вывод, что в отрасли садоводства следует создавать высокоспециализированные предприятия (уровень специализации 60-75%), где производство плодов может совмещаться с последующим длительным хранением зимних и позднеспелых сортов и промышленной переработкой части продукции, в основном нестандартной скоропортящейся и малотранспортабельной.

Для рационального использования плодово-ягодной продукции, а также трудовых ресурсов рекомендуется садоводческим агропромышленным предприятиям иметь плодохрани-

лице, вмещающее 55-65% валового сбора яблок зимних и позднеосенних видов, и цехи, способные перерабатывать 25-35% валового сбора плодов и ягод.

К плодам, предназначенным для переработки, предъявляются абсолютно иные требования к качеству, чем к плодам для употребления в свежем виде. Для плодов на переработку не совсем важно, чтобы они имели товарный внешний вид (окраска, величина, загар и т.д.), в приоритете их физико-химический состав двух видов, отличающихся один от другого технологией, соотношением, пород, предназначением продукции.

В зонах больших консервных заводов и в садоводческих предприятиях, имеющих перерабатывающие цехи, целесообразно иметь сады для производства сырья соответствующего ассортимента и качества. Использование передовых плодуборочных машин может значительно снизить трудозатраты и себестоимость единицы плодовой продукции. Нужно еще иметь насаждения, продукция с которых будет использоваться для потребления в свежем виде.

Увеличения экономической эффективности садоводства можно достичь с помощью закладки садов на слаборослых вегетативно размножаемых (клоновых) подвоях. Слаборослые сады имеют ряд преимуществ перед сильнорослыми. Урожайность слаборослых садов на 33% выше, трудозатратность производства 1 ц яблок на 20% ниже, прибыль на 1 га слаборослого сада на 45% выше, а уровень рентабельности на 30 пп. больше, чем в сильнорослом саду.

Для высокорентабельного ведения садоводства важна планомерная замена старых плодовых и ягодных насаждений новыми, создание высокопродуктивных интенсивных садов. Переустройство насаждений следует осуществлять на основе научно-обоснованного садооборота, что позволяет иметь плодовые насаждения конкретной возрастной структуры. Непланомерная замена старых насаждений молодыми вызывает резкое изменение объема продукции по годам, что негативно отражается на финансовом состоянии предприятия. Для устранения этого явления, нужно в плановом порядке заменять ветхие сады новыми [5].

При ведении на предприятии садооборота в составе насаждений есть молодые, вступающие в плодоношение и плодоносящие сады в конкретных пропорциях. Анализ возрастного состава плодовых насаждений показывает, что на многих предприятиях не уделяется должного внимания воспроизводству плодово-ягодных насаждений. В садоводческих предприятиях возрастной состав насаждений не достиг оптимального уровня, который наблюдается при ведении садооборота.

Во многих садоводческих предприятиях Тамбовской области значительная часть насаждений находится в зоне низкой продуктивности. Так, в садоводческих предприятиях Мичуринского района на долю садов в возрасте старше 25 лет приходится почти 5% насаждений яблони, а в возрасте от 21 до 25 лет – 18% садов. Между тем известно, что семечковые насаждения на сильнорослых подвоях целесообразно использовать 35 лет, а сады на слаборослых подвоях – 25 лет. При плановых заменах плодовых насаждений на базе садооборота на долю плодоносящих садов должно приходиться 73-75%, молоденьких – 23-27%. Плохо, что большинство садоводческих предприятий эту пропорцию соблюдают. В некоторых организациях площади заняты садами в плодоносящем возрасте.

Наукой и практикой доказано, что в увеличении валового сбора сельскохозяйственной продукции сорту принадлежит не менее 50% успеха. В настоящее время у потребителей возрастают требования к качеству плодов, которые зависят в первую очередь от сорта насаждений. Как правило для промышленного производства подбирают узкий сортимент из числа районированных и перспективных. В составе семечковых пород рекомендуется иметь летних не более – 5%, осенних – 15-20%, а зимних сортов – не менее 75-80%.

В настоящее время в большинстве садоводческих предприятий фактическая структура сортового состава насаждений яблони отличается от рекомендуемой. Так, например, в садоводческих предприятиях Мичуринского района на долю летних сортов в структуре насаждений яблони приходится 5-9%, осенних – 25-40%, а зимних – 55-65%. Если учесть, что летние и осенние сорта яблони менее урожайные по сравнению с зимними, а также, что на предприятии имеется плодохранилище, которое позволяет хранить зимние сорта яблок до марта-апреля и реализовывать по более высоким ценам, то можно отметить, что данные диспропорции в

фактическом и рекомендуемом сорimente значительно снижают эффективность садоводства.

Съем и созревание плодов в естественных условиях происходит непродолжительное время, а потребность в свежих плодах проявляется в течение всего года. Удовлетворить ее можно лишь при длительном промышленном хранении плодов и ягод. Основная задача хранения плодов – замедление процессов послеуборочного созревания и старения, поддержание в течение как можно более длительного периода естественной устойчивости плодов к поражениям микробиологическими и физиологическими заболеваниями без существенного снижения товарных качеств и питательной ценности.

Хранение плодов в охлажденных фруктохранилищах садоводческих предприятий по сравнению с хранением на городских базах имеет большие преимущества: уменьшается разрыв между съемом плодов с дерева и охлаждением их в плодохранилище, лучше сохраняются товарные качества. По данным ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина плоды Антоновки обыкновенной, заложенной во фруктохранилище в день их съема за 85 дней хранения сохранили свои товарные качества на 96,7%, заложенные после съема на 12 день – на 83,4%; заложенные на 20-ый день – только на 56,1%, остальные перешли в нетоварные сорта.

В процессе хранения значительная часть плодовой продукции (12-15%) портится. Основными причинами потери продукции являются низкое качество плодов, закладываемых на хранение, не рациональный сортовой состав семечковых насаждений, малый удельный все лежкоспособных сортов, поражение их болезнями во время хранения, несоблюдение режима хранения.

Одним из специализированных садоводческих предприятий, имеющих крупное холодильное хозяйство является ТОО «Садовод» Курской области. В нем действует 4 плодохранилища вместимостью 500 т каждое, 2 плодохранилища по 1000 т и 1 холодильник на 2000 т плодов. Общая емкость фруктохранилища на этом предприятии 6000 т. Ежегодно холодильники заполняются 50-60%. Хранение плодов в ТОО «Садовод» является высокорентабельным. Уровень рентабельности производства и реализации продукции без хранения составляет 45,6%. После же хранения уровень рентабельности повышается почти на 50%. Наиболее рентабельным хранение яблок было в декабре. Рентабельность составила 130,9%.

Установлено, что одним из комплексных показателей устойчивости плодов по многим болезням хранения (подкожная пятнистость, чеченичная пятнистость, распад от старения, загар, грибные гнили, мокрый ожог), является минеральный состав плодов (содержание кальция, фосфора, магния, азота, калия). Однако из всех элементов важнейшее значение имеет кальций. Основная роль кальция в ингибировании процессов старения и защиты от поражения многими болезнями проявляется в стабилизации структуры клеточных стенок, мембран и сохранения их селекционной проницаемости. Поэтому в период выращивания необходимо создавать условия, обеспечивающие высокое содержание кальция в плодах с оптимальным соотношением других элементов.

Важнейшим элементом агротехники является омолаживающая и механизированная контурная обрезка деревьев. Плоды, снятые в садах, в которых в этом году была проведена омолаживающая или механизированная контурная обрезка отличаются низким уровнем содержания кальция и повышенной восприимчивостью к болезням хранения.

Наиболее эффективным способом сокращения потерь является хранение плодов в регулируемой газовой среде. Хорошие результаты дает обработка плодов антиоксидантами. В обрабатываемых антиоксидантами партиях плодов Антоновки обыкновенной поражаемость загаром не превышает 1-3% против 40-60% в контроле. Применение послеуборочной обработки плодов антиоксидантами позволяет на 4-6 недель продлить срок их хранения. Так, без обработки антиоксидантами 50% яблок реализуется в ноябре, а после их обработки 62% яблок реализуется в декабре и 29% в январе. В ноябре же на продажу идет всего лишь 9% плодов. Затраты же на хранение яблок до декабря-января и на обработку антиоксидантами невелики, а цены реализации в эти месяцы значительно выше, чем в предыдущие. Отсюда и прибыль на 1 ц яблок, реализованных после обработки антиоксидантами на 30%, а уровень рентабельности почти на 40% выше, чем при реализации плодов без обработки антиоксиданта-

ми. Создание перерабатывающих подразделений и плодохранилищ в местах производства позволяет рационально использовать всю выращенную плодово-ягодную продукцию, в том числе и нестандартную и значительно повысить экономическую эффективность садоводства.

Таким образом, все перечисленное выше, свидетельствует о наличии резервов повышения экономической эффективности производств продукции садоводства в сельскохозяйственных организациях Центрально-Черноземного района.

Для выявления резервов повышения экономической эффективности садоводства сопоставим результаты работы двух садоводческих предприятий Тамбовской области за 2018-2020 гг. Первое – АО учхоз-племзавод «Комсомолец» Мичуринского района, второе – АО «Дубовое» Петровского района, развивающееся по пути перехода к многоукладной экономики агропромышленного комплекса и применяющее интенсивные технологии в садоводстве (таблица 2).

Таблица 2 – Экономическая эффективность садоводства в специализированных предприятиях Центрально-Черноземного района

Показатели	АО учхоз-племзавод «Комсомолец»			АО «Дубовое»			АО «Дубовое» от АО учхоз-племзавод «Комсомолец» за 2020 г.	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	абсолютное отклонение (+;-)	относительное отклонение, %
Площадь плодовых насаждений, га	213	213	213	830	870	870	657	408,4
в т.ч. в плодоносящем возрасте	101	92,5	92,5	680	70	705	612,5	762,2
Урожайность, ц/га	60,0	30,3	62,9	95	90	75,4	12,5	119,9
Затраты труда на 1 ц плодов, чел-ч	11,0	3,62	13,0	2,6	2,8	3,6	-9,4	138,5
Полная себестоимость 1 ц плодов, руб.	2479	3604	2480	1680	1540	1850	-630	74,6
Уровень рентабельности, %	-40,4	-32,8	-23,4	92,6	116,7	74,4	97,8	-

Из данных таблицы видно, что за 2020 г. в АО «Дубовое» по отношению к АО учхоз-племзавод «Комсомолец» урожайность плодовых насаждений выше на 19,9% или на 12,5 ц, трудоемкость производства 1 ц плодов ниже на 38,5%, а материально-денежные затраты на 1ц меньше на 630 руб. Все это позволило достичь уровня рентабельности в 74,4%. Производство продукции садоводства в АО учхоз-племзавод «Комсомолец» на протяжении 2018-2020 гг. убыточно [3].

В таблице 2 представлены результаты работы двух специализированных садоводческих предприятий, имеющих разные показатели экономической эффективности в Тамбовской области. Причины следующие: 1) разный показатель уровня специализации садоводческой продукции (в АО учхоз-племзавод «Комсомолец» Мичуринского района 51,2%; в АО «Дубовое» Петровского района 68,4%).

2) в АО «Дубовое» лучше обеспечено основными производственными фондами, трудовыми ресурсами.

3) АО «Дубовое» – высоко прибыльное предприятие, а АО учхоз-племзавод «Комсомолец» убыточное. В чем причины? Основные из них – низкая урожайность плодовых культур, затраты на производство единицы продукции, плохие условия реализации плодов и др. Причинами низкой урожайности являются снижение уровня интенсивности производства продукции садоводства (площадь закладки интенсивных садов сократилась на 70%, применение ядохимикатов снизилось в 3 раза).

Насаждения с плотным размещением деревьев (8*4 м, 7*4 м) являются одним из ти-

пов интенсивного сада. Другим типом интенсивного сада являются насаждения, выращенные с применением слаборослых подвоев. Слаборослые сады имеют ряд преимуществ перед сильнорослыми. Исследования показывают, что яблони на слаборослых подвоях начинают плодоносить на 3-4 год, на сильнорослых на 8-10 год после посадки. Одним из основных преимуществ слаборослых насаждений является небольшие размеры деревьев. В результате этого повышается производительность труда и качество проведения работ. Опыт работы передовых садоводческих предприятий свидетельствует о том, что урожайность слаборослых садов на 33% выше, трудоемкость производства 1 ц яблок на 20% ниже, а уровень рентабельности на 35% выше, чем по сильнорослому саду.

В сегодняшних условиях для стабилизации производства продукции садоводства и роста ее эффективности необходимо организовать интегрированные структуры разных видов (ассоциации, холдинговые компании, финансово-промышленные группы, агрофирмы и т.д.). Такие формирования должны взять на себя всю совокупность функций, которые связаны с производством, закупкой плодов и ягод, их переработкой и реализацией. Механизм регулирования производственно-экономических связей между участниками интеграции должен формироваться на базе равной рентабельности на этапах производства, переработки и продажи продукции. Экономическая мотивация садоводческих и прочих организаций в создании интеграционных структур должна базироваться на доходах, дополнительно получаемых от совершенствования ассортимента, качества и выгодной реализации продукции, а также от повышения эффективности производства на всех стадиях.

Библиография

1. Курьянов А.В., Гуваева С.В. Анализ и оценка эффективности деятельности предприятий АПК. Сборник: Агротехнологии XXI века. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию высшего аграрного образования на Урале. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова». 2019. С. 65-68.
2. Курьянов А.В., Дубовик А.С., Варганова С.Е. Оценка производственного потенциала предприятий АПК // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 2. С. 409.
3. Курьянов А.В., Додонова Л.А. Анализ и оценка рентабельности капитала хозяйствующего субъекта // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 2. С. 462.
4. Курьянов А.В., Романцов Д.А. Особенности анализ прибыли от продажи продукции растениеводства // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 1.
5. Курьянов А.В., Кикоть А.А. Особенности анализа экономической эффективности производства продукции растениеводства // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 1.

References

1. Kuryanov A.V., Guvaeva S.V. Analysis and evaluation of the efficiency of agricultural enterprises Collection: Agrotechnologies of the XXI century. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of higher agricultural education in the Urals. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov". 2019. pp. 65-68.
2. Kuryanov A.V., Dubovik A.S., Varganova S.E. Assessment of the production potential of agricultural enterprises // Science and Education. 2019. Vol. 2. No. 2. p. 409.
3. Kuryanov A.V., Dodonova L.A. Analysis and assessment of the return on capital of an economic entity // Science and Education. 2019. Vol. 2. No. 2. P. 462.
4. Kuryanov A.V., Romantsov D.A. Features of profit analysis from the sale of crop production // Science and Education. 2021. Vol. 4. No. 1.
5. Kuryanov A.V., Kikot A.A. Features of the analysis of the economic efficiency of crop production. // Science and Education. 2021. Vol. 4. No. 1.

Сведения об авторах

Курьянов Алексей Владимирович, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансы и бухгалтерский учет, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ул. Интернациональная, д.101, г. Мичуринск, Мичуринский район, Тамбовская область, Россия, 393770, тел.+747545 2-08-58, e-mail: kurjanov-av@rambler.ru

Information about authors

Kuryanov Alexey Vladimirovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Finance and Accounting, Michurinsky GAU, Internatsionalnaya str., 101, Michurinsk, Michurinsky district, Tambov region, Russia, 393770, tel.+747545 2-08-58, e-mail: kurjanov-av@rambler.ru

УДК 332.365(001.895)

З.Ч. Пак, Н.И. Човган

СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАЗВИТИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕКТОРА РАСТЕНИЕВОДСТВА

Аннотация. Использование точных технологий в растениеводстве позволяет индивидуализировать процессы выращивания в соответствии с исключительностью объекта управления, что обуславливается его нестандартными характеристиками-агроэкологическими, организационными и экономическими. В данном случае основным объектом управления выступает агроценоз поля, который рассматривается в пространстве и времени по широким диапазонам дифференцированных признаков, таких как местоположение земельного участка, его конфигурация, рельеф, содержание доступных для растений форм питательных веществ в почве, её кислотность, уровень засоренности, фитосанитарное состояние посева и т. п.

В настоящее время НТП позволяет в сельском хозяйстве применять инновационные аграрные технологии. В частности, применяются бортовые компьютеры, GPS-приемники, методы дистанционного зондирования, геоинформационные системы (ГИС) и др.

С целью ведения грамотного и точного земледелия, аграриям необходимо иметь всю информацию о поле, окружающей среде и ряд усовершенствованных технических средств, насыщенных микроэлектроникой.

Данное земледелие необходимо по многим причинам, среди которых: разнообразие типов почв, каждый из которых требует специального подхода к обработке и выполнению всех операций - от посева до уборки урожая; разнообразие контуров полей, их ориентации; различие плодородия, влагообеспеченности, вредной и полезной микрофлоры, болезней и вредителей. При этом характеристики неодинаковы не только для отдельных полей, но и для участков одного поля; создание наилучших условий для произрастания растений и максимального использования их биологического потенциала.

То есть цель точного земледелия – повысить эффективность технологических операций, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции путем влияния на поле как на систему, состоящую из отдельных участков с различными агрохимическими, физическими и другими характеристиками. Следовательно, инновационные технологии в растениеводстве играют ведущую роль в повышении урожайности культур и конкурентоспособности хозяйств.

В статье исследованы возможности внедрения инновационных технологий в растениеводческий кластер АПК, обозначены преимущества их применения. Определены наиболее перспективные технологии, среди которых системы точного земледелия.

Ключевые слова: технологии, инновации, растениеводство, точное земледелие, сельское хозяйство

MODERN INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF THE DOMESTIC CROP SECTOR

Abstract. The use of precise technologies in crop production makes it possible to individualize the growing processes in accordance with the exclusivity of the management object, which is due to its non-standard characteristics-agroecological, organizational and economic. In this case, the main object of management is the agroecocenosis of the field, which is considered in space and time by a wide range of differentiated features, such as the location of the land plot, its configuration, relief, the contents of the forms of nutrients available to plants in the soil, its acidity, the level of contamination, the phytosanitary condition of sowing, etc.

Currently, the NTP allows the use of innovative agricultural technologies in agriculture. In particular, onboard computers, GPS receivers, remote sensing methods, geoinformation systems (GIS), etc. are used.

In order to conduct competent and precise farming, farmers need to have all the information about the field, the environment and a number of advanced technical means saturated with microelectronics.

This agriculture is necessary for many reasons, including: a variety of soil types, each of which requires a special approach to processing and performing all operations - from sowing to harvesting; a variety of field contours, their orientation; differences in fertility, moisture availability, harmful and beneficial microflora, diseases and pests. At the same time, the characteristics are not the same not only for individual fields, but also for sections of the same field; creating the best conditions for the growth of plants and the maximum use of their biological potential.

That is, the goal of precision farming is to increase the efficiency of technological operations, yield and quality of agricultural products by influencing the field as a system consisting of individual plots with different agrochemical, physical and other characteristics. Consequently, innovative technologies in crop production play a leading role in increasing crop yields and the competitiveness of farms.

The article investigates the possibilities of introducing innovative technologies into the crop cluster of the agro-industrial complex, identifies the advantages of their use. The most promising technologies have been identified, including precision farming systems.

Keywords: technologies, innovations, crop production, precision agriculture, agriculture

Развитие любого предприятия, отрасли, страны в современном мире невозможно представить без внедрения и использования инноваций и технико-технологических решений. Более того уровень активизации инноваций определяет общий уровень конкурентоспособности как на внутреннем, так и внешнем рынках, поскольку «...всеобъемлющее их внедрение способствует повышению производительности труда, экономии различных видов ресурсов, сокращению расходов и снижению себестоимости аграрно-продовольственной продукции, наращиванию объемов и повышению эффективности сельскохозяйственного производства, влияющих на привлечение инвестиций» [2].

В настоящее время основным вызовом мировых инновационно-технологических процессов является развитие сельского хозяйства, направленного на динамичность агропроизводства за счет использования передовых технологий, эффективность которых требует более детальных исследований, исходя из того, что некоторые из них могут сопровождаться возникновением различных рисков, среди которых:

- негативное влияние на здоровье населения страны, как через продукты потребления, так и на территориях, где она выращивается;
- природных ресурсов, особенно почв и подземных вод через интенсификацию сельскохозяйственной, агропродовольственной деятельности и неконтролируемое использование в процессе производства недостаточно проверенных инновационных технологий.

Обозначенные обстоятельства, в свою очередь, прямо или косвенно влияют на экономическую стабильность государства, уровень доходов предприятий, снижение/рост спроса населения на продукцию и т. п.

Следовательно, для реализации определенных задач необходимо разработать эффективный механизм использования инновационных технологий с целью получения экономического и социального эффекта.

Актуальность исследования инновационной составляющей развития отрасли растениеводства обусловлена усилением конкурентной борьбы на рынке продуктов питания и интеграцией России в международное экономическое пространство, что предопределяет необходимость усовершенствования модели развития аграрного сектора, особенно его экспортноориентированных кластеров (зерновой, зернобобовой и др.). В частности, перед отечественными сельхозтоваропроизводителями стоит задача увеличения урожайности в условиях ограниченных ресурсов, что, в свою очередь способствует привлечению в агросферу ИТ-технологий.

Актуальность определения роли инноваций в экономической системе, в том числе и АПК занимает одно из ведущих мест. Инновации являются главным фактором долгосрочного экономического развития, а широкое внедрение инноваций во всех направлениях деятельности сельхозтоваропроизводителей обеспечивает их успешное функционирование и предоставляет конкурентные преимущества.

Исследованию инновационных технологий в сельском хозяйстве посвящены труды отечественных и зарубежных ученых и практиков. В частности, содержательный анализ научных исследований показывает, что по вопросам инноваций были разработаны основы теории, у истоков которых стоял Й. Шумпетер еще в начале XX века. Многие зарубежные ученые, среди которых П. Друкер, Дж. Гэлбрейт, Дж. Белл, М. Кастельс рассматривали «инновационную» экономику как основную концепцию постиндустриального общества.

Ведущими отечественными учеными и специалистами проведены исследования, посвященные изучению перспектив развития агропромышленного комплекса, целесообразности внедрения инноваций, проблемам инновационной деятельности в России, влияния нормативно-правовой базы на инновационную деятельность. Обозначенные общие вопросы отражены в трудах отечественных ученых, среди которых И.Г. Ушачев, П.В. Акинин, А.И. Алтухов [3], предложивших внедрить в отечественный сектор АПК новые методы обновления материально-технической базы.

В более предметном формате, например, В.А. Соломатиным освещены подходы к проблеме внедрения инноваций представителями аграрного сектора на базе коммуникационных систем и технологий, определена связь между распространением инноваций и развитием

коммуникационных систем как среды распространения информации, необходимой для обеспечения деятельности предприятий аграрного сектора [10].

И.С. Ефименко с авторами исследовали сущность, содержание и особенности инновационных технологий аграрных предприятий, изучили проблематику их систематизации и классификации, а также проанализировали современное состояние их внедрения в отечественный аграрный сектор, результаты внедрения инновационных технологий в практическую деятельность аграриев, а также определили слабые места их инновационной деятельности и очертил перспективные направления дальнейшей работы [6].

Однако, несмотря на наличие исследований, отражающих проблемы и их решения внедрения инновационных технологий в развитие АПК, тем не менее, отсутствует комплексный анализ современной информационно-коммуникационной конъюнктуры в российском растениеводстве.

В данном случае необходимо отметить, что последние пять лет Россия лидирует по объему экспорта продуктов сельского хозяйства на мировом рынке, тем не менее, интенсификация сельского хозяйства происходит довольно медленно, охватывая преимущественно сырьевую составляющую растениеводческого кластера. Так, например, средняя урожайность пшеницы выросла с 16,4 ц/га в начале 2000-х годов до 43,9 ц/га в 2020 году, тогда как в аграрной отрасли Австралии, Израиля, США, Канады и Нидерландов широко используют IT-решения, и урожайность составляет от 60,0 ц/га до 99 ц/га. Рост урожайности в России обеспечивается в основном за счет увеличения количества минеральных удобрений (под урожай 2000 года было внесено 1355,9 тыс. тон минеральных удобрений, под рекордный урожай 2020 года – 11728,9 тыс. тонн) [9].

Например, во Франции на сопоставимой по площади сельскохозяйственных угодий с угодьями Ростовской и Воронежской областей, а также с Краснодарским и Ставропольским краями и соразмерным с объемом экспорта зерновых культур последние в 2020 году составляли 8,9 млрд евро добавленной стоимости в АПК, тогда как, например, вино – 10,4 млрд, фрукты, овощи, картофель – 7,7 млрд, евро [12]. В России на экспорт поступает порядка 83% сельхозпродукции в виде сырья и только 17% в виде готовой продукции с добавленной стоимостью, на долю продукции растениеводства (преимущественно масло растительное) приходится порядка 8%.

С 2010 года в отечественном аграрном секторе начинается процесс внедрения систем «...точного земледелия, суть которых заключается в получении с определенного поля максимального количества качественной и одновременно с пониженной себестоимостью продукции. В данном случае для всех культур данного кластера следует создать одинаковые условия роста и развития без нарушения норм экологической безопасности» [4].

Точное земледелие – это «...комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования (GPS), географические информационные системы (GIS), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), технологию переменного нормирования (Variable Rate Technology) и технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)» [5].

Различные элементы точного земледелия, по статистическим данным, например, в США используют более 80% фермеров, в Германии – 70%. Европейские фермеры элементы точного земледелия применяют даже на 0,5 га, где основным фактором, преимущественно, является возможность получения кредитов на 20-30 лет под залог своего участка и по пониженной ставке. Практика свидетельствует, что средства, полученные на точное земледелие, быстро окупаются уже в течение первого маркетингового года. Кроме того, благодаря внедрению систем точного земледелия достигается высокая рентабельность сельскохозяйственного производства.

По прогнозам, мировой рынок точного земледелия к 2025 году достигнет \$10,23 млрд и ежегодно будет расти на 16% [10]. По данным Аналитического центра Министерства сельского хозяйства РФ, точными технологиями к 2021 году было охвачено не более 15% отечественных сельхозугодий. Объем рынка точного земледелия в России составляет примерно

\$250-300 млн. с учетом оборудования, которое идет в комплекте с техникой, дополнительного оборудования, различных комплектующих на агрегаты и технику, сервисов, услуг, программных продуктов, беспилотных летательных аппаратов (дронов).

Наиболее распространенными технологиями, вошедшими в топ-10 технологий точного земледелия в России, являются GPS-системы и GNSS-навигация, мобильные аксессуары для контроля за посевами, дроны, роботы и управляемая техника.

В настоящее время в России внедрение точного земледелия применяется преимущественно крупными агрохолдингами, что обусловлено высокой стоимостью технологий, а также сложностью их внедрения [8].

Технологические решения в области точного земледелия позволяют аграриям «...оптимизировать расход воды, удобрений, средств защиты растений, повысить урожайность, создать оптимальные условия для выращивания сельскохозяйственных культур, оперативно реагировать на изменения внешней среды. Как следствие, снижаются расходы хозяйств и увеличивается прибыль» [7].

Позиции компаний, представленных на рынке агроинженерии продукцией точного земледелия, распределились в рейтинге следующим образом:

1. Cropio от Syngenta Agro AG (Швейцария)
2. OneSoil Scouting от компании OneSoil (Белоруссия)
3. SkyScout, разработанный компанией Intterra (Россия)
4. Агросигнал от компании Infobis (Россия) и ExactFarming, созданное ExactFarming Inc. (США)
5. АгроМон от AgroSoftware (Россия)
6. «GPS измерение площади полей» от Farmis (Литва) и «История поля» от компании Геомир (Россия)
7. «Да.помощник» от DigitalAgro (Россия)

В данном случае при формировании рейтинга учитывались следующие показатели: функциональность приложения – создание границ поля, анализ индекса NDVI и рекомендации, контроль работы на полях, технологические карты, прогноз урожайности и другие.

Кроме того, в Российской Федерации из классических технологий точного земледелия распространены «...сервисы параллельного вождения, которые оптимизируют расход горюче-смазочных материалов и дают контроль над ходом посевных/уборочных работ, сервисы спутникового мониторинга посевов и мониторинга с помощью беспилотных летательных аппаратов – контроль индекса NDVI, карта подземных вод, оптимизация использования расходных материалов» [4].

Ряд крупных компаний (РусАгро, Юг Руси, ЭФКО и др.) внедрились и испытали целый ряд инновационных и новых элементов точного земледелия, составляющих порядка 95% обрабатываемых площадей, среди которых:

- технологии обследования почвы;
- использование геоинформационной системы;
- технологии сменного высева семян и дифференцированного внесения удобрений;
- контроль погодных условий на полях, использование ДЗЗ и многое другое.

Применение технологий точного земледелия позволяет аграриям достичь от 30 до 50% оптимизации на использовании удобрений, а экономическая эффективность растениеводческого производства в хозяйствах увеличивается по меньшей мере на 15%.

Еще одним способом, признанным наиболее простым и вполне доступным элементом точного земледелия, который можно использовать в любом хозяйстве, является применение навигационных приборов параллельного вождения агрегатов. Все больше в хозяйствах РФ появляется возможность оценить преимущества такой техники во время выполнения полевых работ.

Как показывает практика, технология параллельного вождения достаточно быстро окупает затраты на внедрение, порядка один-два сезона, в то время как зарубежный опыт урожай-

ности в данном случае составляет от 10 до 20%, также в зависимости от почвенно-климатических условий, экономия удобрений достигает 5 до 20%, а экономия топлива 10-15%.

Не менее популярным в земледелии является GPS-мониторинг техники и контроль за использованием топлива, технологии которого также дают возможность увеличить урожайность и снизить себестоимость продукции благодаря сокращению затрат на топливо, семена и удобрения. Многие такие инструменты окупаются уже в первые годы применений, а в дальнейшем приносят дополнительную выгоду на экономии средств, времени и трудозатрат. GPS-мониторинг помогает контролировать передвижение транспорта и расход топлива.

Применяя подобные системы в сельском хозяйстве, можно существенно увеличить эффективность использования ресурсов и улучшить оптимизацию производственных процессов. Кроме того, система позиционирования в реальном времени (РТК) способствует максимальной точности полевых работ, обеспечивается высокий уровень возобновления, что очень важно во время проведения таких тонких процессов, как формирование грядок, посадка пропашных культур и культивация.

Технология «Агросигнал» позволяет эффективно управлять рабочим процессом с помощью смартфона, когда прямо в нём создаются полевые журналы и отчеты. В дальнейшем все детали рабочих процессов, такие как обработанная площадь полей, пройденное техникой расстояние, тип операции, затраченное время и материалы, автоматически добавляются в полевой журнал и хранятся в облачном сервере.

Популярным IT – продуктом признана и Агрометеорология, способствующая определению условий, которые больше всего подходят для проведения конкретных работ. В качестве примера можно привести систему MeteoTrek, предназначенную для сбора данных о погодных условиях и передачи этой информации по GPRS-каналу. С помощью данной метеостанции можно измерить температуру и влажность воздуха, скорость и направление ветра, количество осадков, атмосферное давление, температуру почвы, а также интенсивность солнечного излучения. MeteoTrek работает автономно и круглосуточно: питание осуществляется от солнечной батареи, а при отсутствии солнечного света – от встроенного аккумулятора.

Полученная информация обрабатывается с помощью специальной программы и передается на сервер. Мониторинг этих показателей помогает выбирать оптимальный срок посева и полива, определить необходимое количество удобрений и средств защиты, а также точное время для их внесения.

В то же время наряду с наличием довольно большого решения ряда агрономических проблем, анализ показал ограниченный уровень внедрения информационно-инновационных технологий в отрасль отечественного растениеводства, когда точными технологиями в настоящее время покрыты не более 15% сельхозугодий.

Распространение получили наиболее простые технологические составляющие системы точного земледелия: GPS-системы и GNSS-навигация, мобильные аксессуары для контроля за посевами, дроны, работы и управляемая техника, которые по большей части используются не системно, а обособленно друг от друга.

В то же время «...внедрение инноваций и повышение эффективности сельскохозяйственного производства формируют новые вызовы отрасли требуется больше квалифицированных кадров, одновременно происходит высвобождение рабочих рук, что может привести к росту безработицы и оттоку населения» [7], а это негативно повлияет на состояние социальной сферы аграрного сектора.

В России есть потенциальные возможности инновационной деятельности, для внедрения которых необходимо:

- стабильная экономическая ситуация в стране с целью привлечения инвестиций в аграрный сектор;
- поощрение предприятий, которые ориентируются на создание инновационного продукта, путем предоставления льгот;
- мотивирование финансово-кредитных учреждений, то есть предоставление кредита предприятиям, ориентирующимся на инновационную деятельность.

Факторами, сдерживающими инновационное развитие аграрного сектора, являются:

- отсутствие свободного рынка земли (большинство сельскохозяйственных производителей арендуют земли и не владеют земельными участками, что порождает их нежелание инвестировать в инновационные проекты);
- дефицит квалифицированных кадров, которые разрабатывают алгоритм внедрения инновационных технологий;
- ментальное неприятие большинства управленцев неотвратимости инновационной перестройки всего производственного и организационного комплекса.

Инновации в отечественном сельском хозяйстве («Agtech») в настоящее время используют не более 5-10% компаний, преимущественно компании холдингового типа, имеющих значительную материально-техническую базу и неограниченный доступ к финансовым ресурсам. Однако ежегодно на поля выезжает все большее количество высокотехнологичных агрегатов с GPS-навигацией.

Инновационные технологии работают, прежде всего, с информационной средой, где главными задачами являются сбор и анализ данных, мониторинг различных процессов производственного цикла в сельском хозяйстве.

Одним из важнейших элементов деятельности аграрных предприятий должна стать разработка его инновационной политики, которая будет содержать важные стратегические и тактические аспекты.

Государственная поддержка инновационной деятельности представлена Федеральным законом от 31 июля 2020 г. № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации», содержащим стратегические задачи, в том числе по целям в аграрном секторе [1]. В данном случае ведущей ролью экономического роста может быть инновационное развитие аграрного сектора экономики, располагающего высоким потенциалом, который должен стать основным импульсом к экономическому росту и поспособствовать развитию всех сфер экономики.

Не менее важными перспективами инновационного развития должны стать внимание к интеллектуальному труду, прямо зависящему от социального развития, и природные ресурсы, количество и качество которых являются производными величинами от экологического развития страны.

Основным показателем, измеряющим инновационную активность является сумма затрат, которую тратит государство на инновации. На рисунке 1 представлена динамика структуры внутренних затрат на исследования и разработки в сфере сельскохозяйственных наук в России в 2020 году.

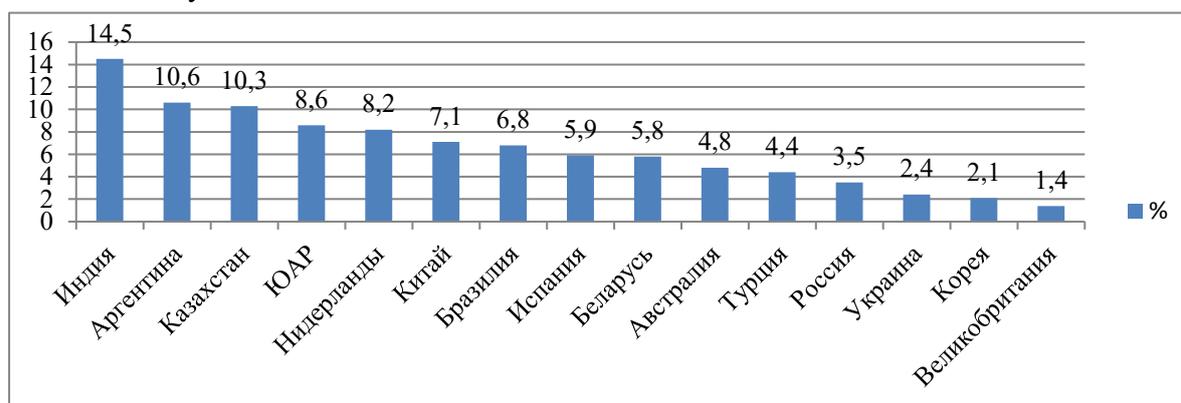


Рис. 1 - Доля внутренних затрат на исследования и разработки на область инноваций АПК в различных странах (2020 год), %*

*Составлено авторами

Сравнение аналогичных показателей в России и странах BRICS по данным за 2020 год свидетельствует, что на область сельскохозяйственных наук приходится 3,5% внутренних затрат на исследования и разработки, в то время как в Индии этот показатель достигает 14,5%, Аргентине – 10,6%, ЮАР – 8,6%, Китае – 7,1%, Бразилии – 6,8%.

Современное состояние развития научной сферы в АПК, несмотря на ежегодный рост в статьях бюджетов разного уровня не должно обрекать Россию на роль отсталого государства в мировой среде. Анализируя данное положение, целесообразно вспомнить слова академика РАН И.Г. Ушачева, который в 2019 году отметил, что большинство отечественных предприятий аграрной сферы на сегодняшний день по техническому уровню отстают как минимум на полвека от предприятий аналогичного сектора развитых стран [11]. Относительно негативной динамики показателя наукоёмкости ВВП России, который в течение десяти последних лет медленно набирает темпы, уместно обратить внимание на мнение специалистов, которые убеждены, что при наукоёмкости ВВП менее 1,0% в год в течение 5-7 лет начинается разрушение научно-технического потенциала страны.

Следует отметить и тот факт, что доля государственных расходов на инновации в стоимости продукции сельского хозяйства составила 0,7% от стоимости выпуска продукции в 2020 году. Объем расходов на аграрную науку из Государственного бюджета на 1 га сельскохозяйственных угодий (11,2 руб.) был в России на порядок меньше аналогичных показателей развитых странах (например, Франция 11 евро, Германия 13 евро).

Сложившаяся ситуация является следствием ненадлежащего перевода экономики России на инновационный путь развития, формирование отечественной инновационной системы, которая обеспечивала бы его реализацию, ненадлежащего использования методов планирования на всех уровнях управления (системного анализа, прогнозирования, оптимизации, программно-целевых методов управления), низкого уровня инновационной культуры работников органов государственной власти.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод, что с помощью инноваций предприятия АПК имеют возможность стать лидерами в конкурентной борьбе, однако достижение этой цели является возможным только при условии успешного функционирования всех составляющих системы развития аграрного сектора экономики, ключевым компонентом которой является инновационно ориентированное развитие.

Внедрение инноваций должно быть приоритетным направлением деятельности предприятий аграрного сектора, поскольку в условиях дефицита ресурсов мир все чаще ищет способы эффективнее их использовать, сохраняя экологию. Именно на решения этих проблем должны быть направлены, в том числе, инновации растениеводческого сектора.

Внедрение инноваций в агропромышленный комплекс происходит постепенно, поскольку для того, чтобы аграрии убедились в их пользе, требуется время. В настоящее время инвестиции осуществляют преимущественно крупные компании, тем не менее, Правительство РФ рассматривает их доступность для представителей среднего и малого бизнеса.

Основу отечественной инновационной конкурентоспособности должны составить человеческий капитал, а также знания и результаты научных исследований, эффективное использование которых в РФ даст возможность выхода на мировые рынки и будет способствовать развитию экономики государства в целом.

Библиография

1. Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 258-ФЗ / Режим доступа: <https://www.consultant.ru/>
2. Акинин П.В., Фролова Н.Д. Региональная инновационная система аграрного сектора экономики: сущность, показатели, оценка / П.В. Акинин, Н.Д. Фролова // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2012. – № 48 (138). – С. 2-11.
3. Алтухов А.И. Парадигма продовольственной безопасности России / А.И. Алтухов: монография. – М. : Фонд развития и поддержки молодежи «Кадровый резерв». – 2019. – 685 с.
4. Баринова В.А., Ерёмкин В.А., Земцов С.П. Факторы развития инновационных компаний на ранних стадиях / В.А. Баринов, В.А. Ерёмкин, С.П. Земцов // Государственное управление. Электронный вестник. – 2015. – № 49. – С. 27-51.
5. Бикбулатова Г.Г. Точное земледелие / Г.Г. Бикбулатова // Омский научный вестник. – 2008. – № 2 (01). – С. 45-49.
6. Ефименко И.С. Ретроспективный анализ и методы оценки развития механизма управления инновационно-инвестиционными процессами в аграрном секторе экономики / И.С. Ефименко, Н.А. Лытнева, П.В. Гончаров // Вестник Орел ГИЭТ. – 2015. – № 4 (34). – С. 5-12.

7. Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. Agriculture 4.0: докл. к X XI Агр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 2020 г. / Н.В. Орлова, Е.В. Серова, Д.В. Николаев и др.; под ред. Н.В. Орловой; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Дом Высшей школы экономики, 2020. – 128 с.
8. Наседкина Т.И. Современное состояние и развитие экономики сельскохозяйственного производства в Белгородской области / Т.И. Наседкина, А.И. Черных, О.В. Гончаренко // Инновации в АПК: Проблемы и перспективы. – 2020. – № 4 (28). – С. 239-256.
9. Справка о состоянии научных исследований, проводимых в интересах сельского хозяйства и агропромышленного комплекса России. – Электронный ресурс Министерства сельского хозяйства РФ / Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/>
10. Соломатин В.А. Инновационные процессы в АПК: сущность и направления развития / В.А. Соломатин // Теория и практика общественного развития. – 2011. – № 8. – С. 295-299.
11. Ушачев И.Г., Колесников А.В., Чекалин В.С. Развитие инноваций – важнейшая составляющая аграрной политики России / И.Г. Ушачев, А.В. Колесников, В.С. Чекалин // АПК: экономика, управление. – 2019. – № 5. – С. 22-31.
12. Министерство сельского хозяйства. Официальный сайт / Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/>

References

1. Ob eksperimental'nyh pravovyh rezhimakh v sfere cifrovyyh innovatsiy v Rossijskoj Federacii Federal'nyj zakon ot 31 iyulya 2020 g. № 258-FZ / rezhim dostupa: <https://www.consultant.ru/>
2. Akinin P.V., Frolova N.D. Regional'naya innovatsionnaya sistema agrarnogo sektora ekonomiki: sushchnost', pokazateli, ocenka / P.V. Akinin, N.D. Frolova // Finansovaya analitika: problemy i resheniya. – 2012. – № 48 (138). – S. 2-11.
3. Altuhov A.I. Paradigma prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii / A.I. Altuhov: monografiya. – М. : Fond razvitiya i podderzhki molodezhi «Kadrovyy rezerv». – 2019. – 685 s.
4. Barinova V.A., Eryomkin V.A., Zemcov S.P. Faktory razvitiya innovatsionnykh kompanij na rannih stadiyah / V.A. Barinov, V.A. Eryomkin, S.P. Zemcov // Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik. – 2015. – № 49. – S. 27-51.
5. Bikbulatova G.G. Tochnoe zemledelie / G.G. Bikbulatova // Omskiy nauchnyj vestnik. – 2008. – № 2 (01). – S. 45-49.
6. Efimenko I.S. Retrospektivnyj analiz i metody ocenki razvitiya mekhanizma upravleniya innovatsionno-investitsionnymi processami v agrarnom sektore ekonomiki / I.S. Efimenko, N.A. Lytneva, P.V. Goncharov // Vestnik Orel GIET. – 2015. – № 4 (34). – S. 5-12.
7. Innovatsionnoe razvitie agropromyshlennogo kompleksa v Rossii. Agriculture 4.0: dokl. k X XI Apr. mezhdunar. nauch. konf. po problemam razvitiya ekonomiki i obshchestva, Moskva, 2020 g. / N.V. Orlova, E.V. Serova, D.V. Nikolaev i dr.; pod red. N.V. Orlovoj; Nac. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». – М. : Dom Vysshej shkoly ekonomiki, 2020. – 128 s.
8. Nasedkina T.I. Sovremennoe sostoyanie i razvitie ekonomiki sel'skohozyajstvennogo proizvodstva v Belgorodskoj oblasti / T.I. Nasedkina, A.I. Chernyh, O.V. Goncharenko // Innovatsii v APK: Problemy i perspektivy. – 2020. – № 4 (28). – S. 239-256.
9. Sправка о sostoyanii nauchnyh issledovaniy, provodimyyh v interesakh sel'skogo hozyajstva i agropromyshlennogo kompleksa Rossii. – Elektronnyj resurs Ministerstva sel'skogo hozyajstva RF / rezhim dostupa: <https://mcx.gov.ru/>
10. Solomatin V.A. Innovatsionnye processy v APK: sushchnost' i napravleniya razvitiya / V.A. Solomatin // Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya. – 2011. – № 8. – S. 295-299.
11. Ushachev I.G., Kolesnikov A.V., Shekalin V.S. Razvitie innovatsiy – vazhnejshaya sostavlyayushchaya agrarnoj politiki Rossii / I.G. Ushachev, A.V. Kolesnikov, V.S. Shekalin // APK: ekonomika, upravlenie. – 2019. – № 5. – S. 22-31.
12. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva. Oficial'nyj sajt / rezhim dostupa: <https://mcx.gov.ru/>

Сведения об авторах

Пак Зинаида Чейевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: zinpak@yandex.ru

Човган Наталья Ивановна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: natalyushka-14@yandex.ru

Information about authors

Pak Zinaida Cheyevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel.+74722 39-14-26, e-mail: zinpak@yandex.ru

Chovgan Natalia Ivanovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod Region, Russia, 308503, tel.+74722 39-14-26, e-mail: natalyushka-14@yandex.ru

УДК 338.49

Н.И. Сулягина

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ КОММУНАЛЬНОГО КОМФОРТА СЕЛЬСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

Аннотация. Проблема нехватки кадров на селе обусловлена масштабной миграцией трудоспособного населения в город. Низкое качество жизни сельчан – одна из основных причин внутренней миграции граждан. В связи с чем создание комфортных условий жизнедеятельности в сельской местности – приоритетная задача государства. Базовое значение в анализе качества жизни сельского населения имеет уровень коммунального комфорта территории. Определять его предлагается с помощью интегрального коэффициента, рассчитанного на основе функции Харрингтона, как среднегеометрическое частных показателей: коэффициента неравномерного распределения благоустроенного жилья, коэффициента стабильно функционирующей коммунальной инфраструктуры, коэффициента удовлетворенности качеством оказания коммунальных услуг. Посредством использования статистических методов, начал математического анализа обоснована формула расчета коэффициента неравномерного распределения благоустроенного жилья, вычисление которого позволяет проводить более детальный анализ качества жизни сельского населения в динамике, ранжировать и оценивать территорию по уровню благоустроенности. Состояние сетей водоснабжения, водоотведения и тепловых сетей учитывается при расчете коэффициента стабильно функционирующей коммунальной инфраструктуры. Предлагаемая методика апробирована на сельских поселениях Нижегородской области, что подробно описано в работе. В результате получена не просто характеристика уровня коммунального комфорта всех сельских территорий региона, но и детальный анализ основных четырех зон области. По итогам исследования сделан вывод, что коэффициент коммунального комфорта рационально использовать как показатель оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления, а также индикатор для мониторинга развития сельских территорий с целью принятия взвешенных и своевременных управленческих решений.

Ключевые слова: благоустроенное жилье, коммунальные услуги, коэффициент коммунального комфорта, сельские территории, функция Харрингтона.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE LEVEL OF COMMUNAL COMFORT OF RURAL TERRITORY

Abstract. The problem of the lack of personnel in the countryside is due to the large-scale migration of the able-bodied population to the city. The poor quality of life of villagers is one of the main reasons for the internal migration of citizens. In this connection, the creation of comfortable living conditions in rural areas is a priority task of the state. The level of communal comfort of the territory is of basic importance in the analysis of the quality of life of the rural population. It is proposed to determine it using the integral coefficient, calculated on the basis of the Harrington function, as the geometric mean of particular indicators: the coefficient of uneven distribution of comfortable housing, the coefficient of stably functioning communal infrastructure, the coefficient of satisfaction with the quality of the provision of communal services. Through the use of statistical methods, the beginning of mathematical analysis, the formula for calculating the coefficient of uneven distribution of comfortable housing has been substantiated, the calculation of which allows a more detailed analysis of the quality of life of the rural population in dynamics, to rank and evaluate the territory by the level of amenities. The condition of water supply, sewerage and heating networks is taken into account when calculating the coefficient of a stably functioning communal infrastructure. The proposed technique has been tested in rural settlements of the Nizhny Novgorod region, which is described in detail in the work. As a result, not only a description of the level of communal comfort in all rural areas of the region was obtained, but also a detailed analysis of the main four zones of the region. According to the results of the study, it was concluded that it is rational to use the coefficient of communal comfort as an indicator for assessing the effectiveness of the activities of local self-government bodies, as well as an indicator for monitoring the development of rural areas in order to make balanced and timely management decisions.

Keywords: comfortable housing, utilities, coefficient of communal comfort, rural areas, Harrington's function.

Несмотря на проводимую политику возрождения сельских территорий, составляющих большую часть нашей страны, отток трудоспособного населения из сёл и деревень в города лишь набирает обороты. Молодёжь не спешит трудоустроиваться и жить в сельских поселениях [1]. Причин тому несколько, одна из которых отсутствие комфортных условий проживания [2]. Основа комфортного проживания на селе – благоустроенное жильё и стабильно функционирующая коммунальная инфраструктура. В настоящее время в сельских населённых пунктах Нижегородской области лишь 68,3% жилья оборудовано водопроводом, в том

числе централизованным водопроводом – 52,8%, система водоотведения имеется в 52,6% жилых помещений, отопление – в 73,1% [3]. Причем аналогичные показатели в городах и поселках городского типа региона значительно выше: водопроводом обеспечено 93,5% жилья, централизованным водопроводом – 89,4%, системой водоотведения – 90,4%, отоплением – 95,8% [3]. Таким образом, неравенство по уровню комфортности проживания в городских и сельских поселениях очевидно.

В целом, такие статистические показатели как удельный вес общей площади жилых помещений, оборудованных водопроводом, отоплением, канализацией и другими жизненно важными системами не раскрывают все аспекты качества проживания сельского населения, а значит, не отображают реальную ситуацию с получаемыми услугами в сельской местности и не способствуют принятию оптимальных и своевременных организационных решений. В этом смысле интерес представляет анализ уровня коммунального комфорта сельской территории.

Коммунальным комфортом территории будем считать совокупность максимально благоприятствующих для жизнедеятельности населения условий потребления коммунальных услуг, характеризующихся оптимальным сочетанием объективной действительности и субъективной оценки. Под объективной действительностью здесь понимается функциональность, уровень модернизации внутридомовых инженерных сетей, внешних коммуникаций и иной инфраструктуры, необходимой для обеспечения потребителей коммунальными услугами. Кроме того, к объективной действительности можно отнести работу аварийно-диспетчерских служб, управляющих компаний и другие факторы, независимые от сознания человека и влияющие на доступность, а также качество получаемых коммунальных услуг. Субъективная оценка основана на восприятии потребителем услуги через чувство личного удовлетворения, с позиций индивидуального состояния удобства, уюта.

С целью исследования уровня коммунального комфорта введем интегральный показатель – коэффициент коммунального комфорта территории, рассчитываемый на основе функции Харрингтона как среднегеометрическая величина частных показателей [4]:

$$K = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \tilde{k}_i}$$

В свою очередь частные показатели целесообразно вычислять по формуле:

$$\tilde{k}_i = e^{-e^{-y_i^*}},$$

где y_i^* – их кодированные значения.

В качестве частных показателей предлагается взять: коэффициент неравномерного распределения благоустроенного жилья (k), коэффициент стабильно функционирующей коммунальной инфраструктуры (s), коэффициент удовлетворенности качеством оказания коммунальных услуг (p). Для k и s $y_1^* = 2 - 5k$ и $y_2^* = 2 - 2s$ соответственно, для p $y_3^* = 3p - 1$.

Функция желательности Харрингтона эффективна в интерпретации уровня коммунального комфорта сельских территорий через значение вышеуказанного коэффициента, так как преобразовывает количественные показатели в безразмерную шкалу предпочтительности с психофизическими характеристиками (таблица 1).

Таблица 1 - Шкала значений коэффициента коммунального комфорта

Уровень коммунального комфорта территории	Значение коэффициента коммунального комфорта
Очень хороший	1,00 – 0,80
Хороший	0,80 – 0,63
Удовлетворительный	0,63 – 0,37
Плохой	0,37 – 0,20
Очень плохой	0,20 – 0,00

Важное практическое значение имеют частные показатели. Далее подробно рассмотрим каждый из них и апробируем расчет коэффициента коммунального комфорта на примере сельских поселений Нижегородской области.

Один из частных показателей – это коэффициент неравномерного распределения благоустроенного жилья. За его основу взято определение коэффициента Джини как показателя степени концентрации некоторого признака и неравномерности его распределения по совокупности [5]. Коэффициент неравномерности будем рассчитывать по формуле:

$$k = 1 - \frac{1}{5000} \int_0^{100} (ax^2 + bx + c) dx,$$

где $ax^2 + bx + c$ – зависимость между общей площадью жилых помещений и площадью благоустроенного жилья. Фактическое обоснование данной формулы приводится ниже.

На примере Нижегородской области проводился анализ неравномерности распределения сельского жилищного фонда, оборудованного центральным водопроводом, системой водоотведения и отопления. За ряд лет исследовались статистические данные по 50 муниципальным образованиям региона. По каждому муниципальному образованию рассчитывался удельный вес общей площади жилых помещений сельских населенных пунктов, а также удельный вес жилья, оборудованного вышеуказанными системами жизнеобеспечения. Проведя ранжирование и получив кумулятивные ряды, с помощью основ регрессионного анализа с высокой точностью аппроксимации ($R^2 = 0,99$), определена зависимость между данными показателями и построен график. Зависимость имеет вид квадратичной функции $y = 0,0079x^2 + 0,0787x + 2,3551$.

Линия равномерного распределения благоустроенного жилья будет иметь вид $y = x$ и площадь треугольника ниже данной прямой составила:

$$S = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 100 = 5000 \text{ (кв. ед.)}$$

Площадь криволинейной трапеции, ограниченной сверху построенным графиком неравномерности, вычислялась, используя основы математического анализа:

$$\int_0^{100} (0,0079x^2 + 0,0787x + 2,3551) dx = 3262,31 \text{ (кв. ед.)}$$

Коэффициент неравномерного распределения благоустроенного жилья по состоянию на 2020 год составил:

$$k = 1 - \frac{3262,31}{5000} = 0,348$$

По состоянию на 2019 год аналогичный коэффициент был равен 0,335. Таким образом, неравномерность распределения благоустроенного жилья увеличилась. С целью определения причин сложившейся ситуации, Нижегородская область была разделена на четыре зоны: северная, восточная, южная и центральная, в каждую из которых вошло примерно одинаковое количество муниципальных образований (таблица 2).

Таблица 2 - Коэффициент неравномерного распределения благоустроенного жилья

Территория региона	Значение коэффициента		Отклонение	Ситуация
	2019 год	2020 год		
Северная зона	0,215	0,211	-0,004	улучшилась
Восточная зона	0,107	0,111	0,004	ухудшилась
Южная зона	0,227	0,226	-0,001	улучшилась
Центральная зона (с сельскими населенными пунктами г.о.г. Нижний Новгород)	0,472	0,074	-0,398	улучшилась
Центральная зона (без сельских населенных пунктов г.о.г. Нижний Новгород)	0,28	0,293	0,013	ухудшилась

Коэффициенты неравномерного распределения благоустроенного жилья северной и южной зоны в 2020 году по сравнению с аналогичным периодом прошлого года практически не изменились и составили 0,211 и 0,226 соответственно. В 2019 году они составляли 0,215 и 0,227. Коэффициент восточной зоны немного увеличился с 0,107 в 2019 году до 0,111 в 2020 году. В свою очередь, коэффициент центральной зоны существенно сократился с 0,472 в 2019 до 0,074 в 2020 году. Причем, коэффициент центральной зоны практически не меняется, если из рассмотрения исключить жилой фонд сельских населенных пунктов, входящих в состав городского округа города Нижний Новгород. Так, в 2019 году он составлял 0,28, а в 2020 году – 0,293.

Столь значительное изменение коэффициента за счет сельского жилого фонда Нижнего Новгорода вполне объяснимо, так как по состоянию на 2020 год введены в эксплуатацию благоустроенные многоквартирные дома в сельском населенном пункте Новинки при участии федерального и регионального фондов защиты прав граждан – участников долевого строительства [6]. Активно вводились в эксплуатацию жилые дома, в том числе индивидуальные, и в других сельских населенных пунктах г.о.г. Нижний Новгород.

Необходимо отметить, что наибольший коэффициент неравномерного распределения благоустроенного жилья соответствует центральной зоне региона, так как именно в этой части области идет наиболее интенсивное индивидуальное строительство. Сельские территории центральной зоны, особенно в радиусе 30 км от Нижнего Новгорода, застраиваются благоустроенным жильем, в то время как по остальному сельскому жилищному фонду удельный вес благоустроенного жилья остается неизменным или даже снижается.

Для анализа коэффициента неравномерного распределения благоустроенного жилья восточной зоны применили следующий подход. Последовательно исключая из рассмотрения входящие в восточную зону муниципальные образования, установили, за счет каких сельских территорий коэффициент увеличился, т. е. ситуация ухудшилась. Получили такие муниципальные образования восточной зоны, как Большемурашкинский район, Бутурлинский район, Княгининский район, Спасский район. Если эти муниципальные образования последовательно исключать, коэффициент соответственно составляет 0,085, 0,091, 0,084, 0,109. Причем, в сравнении с 2019 годом ситуация ухудшилась во всех районах восточной зоны за исключением г.о.г. Перевоз, Пильнинский район.

В целом, коэффициент неравномерного распределения благоустроенного жилья позволил установить, что по состоянию на 2020 год, несмотря на значительный прирост удельного веса общей площади сельских жилых помещений, оборудованных водопроводом, водотведением и отоплением соответственно на 20,3%, 29,9%, 17,9%, уровень благоустроенности жилых помещений сельских поселений Нижегородской области не повышается, а наоборот снижается. Сельское население не получает жизненно важных услуг в полном объеме, неравномерность оказания качественных коммунальных услуг на селе лишь возрастает. Кроме того, с помощью данного коэффициента можно определить районы, в которых неравномерность выше или ниже среднерегионального показателя. Так, по исследуемому региону определено, что неравномерность распределения благоустроенного жилья выше в тех районах области, которые отнесены к агропромышленной зоне, что, в свою очередь, не способствует развитию сельских территорий и сдерживает приток квалифицированных кадров в сельскую местность.

Благоустроенное жилье сельской территории не является гарантией обеспечения населения качественными коммунальными услугами, которые в большей степени зависят от состояния коммунальной инфраструктуры. Надежно работающие сети водоснабжения, водотведения и тепловые сети – залог получения населением качественных коммунальных услуг, а значит, устойчиво развивающейся территории. Поэтому в качестве следующего частного показателя предлагается коэффициент стабильно функционирующей коммунальной инфраструктуры (s), рассчитываемый следующим образом:

$$s = \sqrt[n]{s_1 \cdot \dots \cdot s_n} ,$$

где

$$s_i = \frac{\text{удельный вес сетей } i\text{-го вида, нуждающихся в замене}}{\text{удельный вес сетей } i\text{-го вида, ненуждающихся в замене}}.$$

По Нижегородской области в 2020 году коэффициент s равнялся 0,758, в 2019 году – 0,712. Таким образом, состояние инфраструктуры ухудшилось. Ситуация в разрезе территорий региона представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Коэффициент стабильно функционирующей коммунальной инфраструктуры

Территория региона	Значение коэффициента		Отклонение	Ситуация
	2019 год	2020 год		
Северная зона	0,505	0,519	0,014	ухудшилась
Восточная зона	0,523	0,548	0,025	ухудшилась
Южная зона	0,661	0,697	0,036	ухудшилась
Центральная зона	0,792	0,881	0,089	ухудшилась

На всей территории Нижегородской области наблюдается ухудшение состояния коммунальной инфраструктуры, что негативно влияет на качество оказываемых коммунальных услуг и развитие сельских территорий.

В качестве третьего частного показателя рекомендуется коэффициент удовлетворенности качеством оказания коммунальных услуг (p). Данный коэффициент целесообразно рассчитывать, как отношение количества потребителей коммунальных услуг, в целом оценивших качество их предоставления на «удовлетворительно», к общему числу опрошенных. Необходимо отметить, что выборка респондентов должна удовлетворять свойству репрезентативности.

По опросам респондентов Нижегородской области в 2019 и 2020 гг. данные коэффициенты соответственно составили 0,32 и 0,35.

Учитывая значения рассчитанных коэффициентов, вычислим кодированные значения частных показателей и частные коэффициенты: $\tilde{k}_1 = 0,463$, $\tilde{k}_2 = 0,540$, $\tilde{k}_3 = 0,386$. В итоге, за 2020 год коэффициент коммунального комфорта сельских территорий Нижегородской области составил 0,459, что на 0,001 меньше, чем в 2019 году. Обобщим результаты за 2019 и 2020 год в таблице 4.

Таблица 4 - Коэффициент коммунального комфорта сельских территорий

Территория региона	Значение коэффициента		Отклонение	Ситуация
	2019 год	2020 год		
Северная зона	0,547	0,563	0,016	улучшилась
Восточная зона	0,575	0,588	0,013	улучшилась
Южная зона	0,519	0,528	0,009	улучшилась
Центральная зона	0,472	0,461	-0,011	ухудшилась

В целом, уровень коммунального комфорта сельских территорий региона удовлетворительный. Причем, наилучшее значение коэффициента у населенных пунктов восточной зоны области, наихудшее – у сельских территорий центральной зоны. Проведенный анализ опровергает сложившиеся стереотипы о наиболее благоприятных для проживания с точки зрения коммунального комфорта территориях, расположенных в непосредственной близости к крупным мегаполисам, что требует дальнейшего исследования.

Коэффициент коммунального комфорта сельских территорий целесообразно включить в один из показателей оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления. Кроме того, необходимо отметить, что данный коэффициент позволяет дифференцировать сельские территории по качеству получения населением жизненно важных коммунальных услуг и определять соответствующие зоны коммунального комфорта, а также осуществлять мониторинг уровня развития сельских поселений. В свою очередь, частные

коэффициенты позволяют регулировать «чувствительность» коэффициента коммунального комфорта в зависимости от значимости индикатора и оперативно реагировать даже на незначительные колебания показателей, что важно в разработке стратегий развития сельских территорий.

Библиография

1. Суворова В.В., Мезенцев Ю.М. К вопросу мотивации молодых специалистов к проживанию в сельской местности [Электронный ресурс] // Экономика сельского хозяйства России. 2013. № 11. С. 52-58. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21057552> (дата обращения: 17.06.2021).
2. Большакова Ю.А. Факторы и показатели устойчивого развития социальной инфраструктуры сельских территорий // Вестник НГИЭИ. 2015. № 11 (54). С. 15-21.
3. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Нижегородской области: [сайт]. URL: <https://nizhstat.gks.ru> (дата обращения: 10.09.2021).
4. Любушин Н.П., Брикач Г.Е. Использование обобщенной функции желательности Харрингтона в многопараметрических экономических задачах [Электронный ресурс] // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 18 (370). С. 2-10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21483903> (дата обращения: 22.11.2020).
5. Большая российская энциклопедия: [сайт]. URL: <https://bigenc.ru/> (дата обращения: 17.06.2021).
6. Новости в России и мире – ТАСС: [сайт]. URL: <https://tass.ru/nedvizhimost/7035215> (дата обращения: 27.08.2021).

References

1. Suvorova V.V., Mezentsev U.M. K voprosu motivatsii molodykh spetsialistov k prozhivaniyu v selskoi mestnosti [Electronic resource] // Ekonomika selskogo khoziaistva Rossii. 2013. № 11. С. 52-58. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21057552> (date of access: 17.06.2021).
2. Bolshakova U. Faktory i pokazateli ustoichivogo razvitiia sotsialnoi infrastruktury selskikh territorii // Vestnik NGIEI. 2015. № 11 (54). С. 15-21.
3. Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Nizhny Novgorod Region: [site]. URL: <https://nizhstat.gks.ru> (date of access: 10.09.2021).
4. Lyubushin N., Brikach G. Ispolzovanie obobshchennoi funktsii zhelatelnosti Kharringtona v mnogoparametricheskikh ekonomicheskikh zadachakh [Electronic resource] Ekonomicheskii analiz: teoriia i praktika. 2014. № 18 (370). С. 2-10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21483903> (date of access: 22.11.2020).
5. Big Russian Encyclopedia: [site]. URL: <https://bigenc.ru/> (date of access: 17.06.2021).
6. News in Russia and the world - TASS: [site]. URL: <https://tass.ru/nedvizhimost/7035215> (date of access: 27.08.2021).

Сведения об авторе

Сутягина Наталья Игоревна, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой физико-математических наук, ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», ул. Октябрьская, д. 22 А, г. Княгинино, Княгининский район, Нижегородская область, Россия, 606340, тел.+783166 4-15-50, e-mail: sutyagina.ntl-2012@yandex.ru

Information about author

Sutyagina Natalya Igorevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical and Mathematical Sciences, State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University", st. Oktyabrskaya, 22 A, Knyaginino, Knyagininsky district, Nizhny Novgorod region, Russia, 606340, tel. +783166 4-15-50, e-mail: sutyagina.ntl-2012@yandex.ru

УДК 338.436.33

А.И. Добрунова, А.Н. Простенко, О.С. Акупян, Р.В. Капинос, Д.Р. Добрунов

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Аннотация. Создание необходимых условий для жизнеобеспечения населения сельской территории невозможно без решения проблем его оценки и параметризации его качества путем выделения и упорядочивания свойств и характеристик жизни сельского населения. Цель наших исследований заключалась в разработке комплексной оценки жизнеобеспечения населения на сельских территориях. В статье предложена методика, которая предполагает ежегодный мониторинг уровня жизнеобеспечения населения по следующим блокам: человеческие ресурсы, социально-трудовые ресурсы, материальные ресурсы, финансовые ресурсы. Разработанная интегральная методика комплексной оценки жизнеобеспечения сельского населения позволяет: оценить перспективы и обосновать направления дальнейшего социально-демографического развития сельских территорий; определить уровень жизнеобеспечения и качества жизни сельского населения; провести оценку эффективности работы органов государственной власти и органов местного самоуправления по созданию современных условий жизнедеятельности сельского населения.

Ключевые слова: сельские территории, комплексная методика оценки, жизнеобеспечение населения, развитие сельских территорий.

INTEGRATED ASSESSMENT METHODOLOGY LIFE SUPPORT OF THE POPULATION IN RURAL AREAS

Abstract. Creating the necessary conditions for the life support of the rural population is impossible without solving the problems of its assessment and parameterization of its quality by highlighting and ordering the properties and characteristics of the life of the rural population. The purpose of our research was to develop a comprehensive assessment of the life support of the population in rural areas. The article proposes a methodology that involves annual monitoring of the level of life support of the population in the following blocks: human resources, social and labor resources, material resources, financial resources. The developed integral methodology of a comprehensive assessment of the life support of the rural population allows: to assess the prospects and justify the directions of further socio-demographic development of rural areas; to find the numerical value of the value of life support and quality of life of the rural population; to evaluate the effectiveness and efficiency of the work of state authorities and local self-government bodies to create modern living conditions of the rural population.

Keywords: rural territories, integrated assessment methodology, life support of the population, rural development.

Введение.

Жизнеобеспечение сельского населения выступает ядром системы устойчивого развития сельских территорий, которое представляет собой совокупность количественных и качественных характеристик в процессе жизни и деятельности селян по непосредственному использованию всех доступных ресурсов территории, позволяющих им удовлетворять свои минимальные биологические и социальные потребности [1, 8, 9].

Создание необходимых условий для жизнеобеспечения населения сельской территории невозможно без решения проблем его оценки и параметризации качества жизни путем выделения и упорядочивания свойств, характеристик жизни сельского населения.

Сельские территории являются сложной многоуровневой системой, обладающей единством целей и функций. В самом общем измерении они предстают как одна из двух территориальных подсистем общества, противоположной соответствующей городской подсистеме [4, 5, 6].

Сталкиваясь с проблемами оценки качества жизни и тем более методологического характера, необходимо помнить, что они должны хоть немного, но коррелироваться между собой на межстрановом, страновом и региональном уровнях [7, 10]. Это позволит сравнивать полученные результаты, находить недостатки и выявлять потенциал дальнейшего развития. Именно в этом направлении следует учитывать зарубежной опыт построения методик, позволяющих по-новому подойти к проблеме постановки целей, выбора показателей, компоновки индексов, а также способов расчета [11, 12].

Изложение основного материала исследований и их обсуждение.

Понимая, насколько важным при оценке сельского развития учитывать систему жизнеобеспечения, нами разработана методика комплексной оценки жизнеобеспечения сельского населения, которая включает себя оценку двух составляющих: оценку уровня жизнеобеспечения (анализ ресурсов сельских территории) и оценку качества жизни сельского населения (характеристик жизни) (рис. 1).



Рис. 1 – Алгоритм комплексной оценки жизнеобеспечения населения на сельских территориях

Для первой части комплексной оценки применялась аддитивная модель, базирующаяся на определении вклада индивидуальных оценок каждого блока в интегральный показатель по каждому региону:

$$I_n = \sum_m i_{mn} \tag{1}$$

где I_n – обобщенная интегральная оценка уровня жизнеобеспечения сельских территорий n -го района;

i_{mn} – индивидуальная интегральная оценка m -ого блока уровня жизнеобеспечения сельских территорий n -го района.

Методика предполагает ежегодный мониторинг уровня жизнеобеспечения населения по следующим блокам:

- человеческие ресурсы,
- социально-трудовые ресурсы,
- материальные ресурсы,
- финансовые ресурсы.

Таким образом, конечный вид формулы для оценки уровня жизнеобеспечения имеет следующий вид:

$$I_{nk} = i_{чел,n,k} + i_{соц-тр,n,k} + i_{матер,n,k} + i_{фин,n,k} \quad (2)$$

где I_{nk} – обобщенная интегральная оценка уровня жизнеобеспечения;

$i_{чел,n,k}$ – частная интегральная оценка человеческих ресурсов сельских территорий n -го района в k -ом году;

$i_{соц-тр,n,k}$ – частная интегральная оценка социально-трудовых ресурсов сельских территорий n -го района в k -ом году;

$i_{матер,n,k}$ – частная интегральная оценка материальных ресурсов сельских территорий n -го района в k -ом году;

$i_{фин,n,k}$ – частная интегральная оценка финансовых ресурсов сельских территорий n -го района в k -ом году.

Интегральная оценка каждого блока уровня сельского жизнеобеспечения района рассчитывается на основе совокупности показателей, позволяющей всесторонне охарактеризовать тот или иной блок. Учитывая, что ежегодно наблюдаются колебания темпов изменений показателей жизнеобеспечения сельского населения районов, то необходимо провести нормирование показателей с использованием следующей формулы:

$$\varphi_{jnk} = \frac{t_{jnk}}{avg((t_{jnk}))}, \quad (3)$$

где φ_{jnk} – нормированный индивидуальный индекс j -го показателя n -го района в k -ом году;

t_{jnk} – индивидуальный индекс j -го показателя n -го района в k -ом году;

$avg(t_{jnk})$ – среднеарифметическое значение индивидуального индекса j -го показателя n -го района в k -ом году.

Учитывая, что в рамках применения разрабатываемой комплексной методики ставилась задача найти уровень сельского жизнеобеспечения региона, то возникает необходимость расчета темпов изменения каждого показателя за период исследования. Для реализации поставленной цели рассчитаем простые индивидуальные индексы в разрезе каждого показателя:

$$t_{jk} = \frac{x_{jk}}{x_{j0}}, \quad (4)$$

На основе полученных значений индивидуальных индексов определяются частные интегральные оценки блоков уровня жизнеобеспечения села. Так же необходимо учесть важность (значимость) каждого показателя в пределах выбранного вида ресурсов, которые можно выявить через весовые коэффициенты.

Определение весовых коэффициентов n -го региона m -го вида ресурсов в k -ом году проводится с помощью многоступенчатого корреляционно-регрессионного анализа, что дает возможность установить влияние между несколькими независимыми переменными и зави-

симой переменной. Значимость определяется по данным за весь период исследования и для каждого временного отрезка (год) будет одинаковой, иначе комплексная оценка будет трансформироваться под влиянием статистической погрешности.

Полученные таким образом результаты значимости будут представлены в баллах, описывающих ранг показателя (оценка влияния), входящего в регрессионное уравнение.

$$d_j = \frac{r_j}{\sum_j r_j}, \quad (5)$$

r_j – значимость (ранг) j -го.

Так, оценив полученные результаты, наименьший показатель принимается за единицу. Далее расставляются весовые коэффициенты значимости по степени возрастания полученных значений уравнения регрессии.

Следующим этапом в разработанной комплексной методике являются определение интегральной оценки и расчет коэффициента уровня жизнеобеспечения, так как в процессе изучения динамики изменения базовых факторов, влияющих на сельское жизнеобеспечение, нужно определить характер данных изменений. Индивидуальная интегральная оценка m -ого вида ресурсов сельских территорий n -го района в k -ом году проводится по формуле:

$$i_{mnk} = \sum_j \varphi_{jmk} d_j, \quad (6)$$

С помощью данной формулы могут быть рассчитаны относительные показатели, которые позволят провести оценку уровня жизнеобеспечения сельских территорий каждого района в целом и по отдельным ее ресурсам.

Далее рассчитывается коэффициент уровня жизнеобеспечения по формуле:

$$K_{\text{жизнеоб}_n} = \frac{(N_k)}{T-1}, \quad (7)$$

где $K_{\text{жизнеоб}_n}$ – коэффициент уровня жизнеобеспечения сельских территорий n -ого района.

N_1, N_2, N_k – количество баллов, присваиваемые районам в k -ом году в зависимости от установленной группы (начиная с первого года после базисного);

T – период исследования (количество лет).

Если коэффициент больше единицы, то уровень жизнеобеспечения возрастает, если меньше, то снижается.

В завершении предложенной комплексной оценки уровня жизнеобеспечения определяются ее суммарная (обобщенная) интегральная оценка по формуле (8) и расчет комплексного коэффициента уровня жизнеобеспечения сельских территорий.

Во взаимосвязи с рассмотренной выше методикой была предложена вторая методика оценки качества жизни сельского населения. Ее отличие заключается в том, что через рейтинговую оценку каждой составляющей учитывается значимость их частных оценок в обобщенном показателе по каждому району и определяется как существующий уровень для каждого показателя, так и динамика изменения:

$$I_{(\text{общ})_n} = \sum_m i_{mn} d_m, \quad (8)$$

где $I_{(\text{общ})_n}$ – обобщенная интегральная оценка качества жизни на сельских территориях n -го района;

i_{mn} – частная интегральная оценка m -ого блока качества жизни на сельских территориях n -го района;

d_m – вес m -ого блока качества жизни в общей интегральной оценке жизнеобеспечения на сельских территориях.

Предлагаемая методика оценки качества жизни сельского населения предполагает ежегодный мониторинг качества жизни сельского населения и проводит анализ по следующим направлениям:

- качество населения;
- качество благосостояния населения;
- качество социальной сферы и жилищно-коммунального обслуживания.

Конечный вид формулы для оценки качества жизни на сельских территориях имеет следующий вид:

$$I(\text{общ})_{nk} = (I_{\text{нас},n,k} \times d(\text{нас})) + (I_{\text{благ},n,k} \times d(\text{благ})) + (I_{\text{соц},n,k} \times d(\text{соц})), \quad (9)$$

где $I(\text{общ})_{nk}$ – комплексная интегральная оценка качества жизни на сельских территориях n -го района в k -ом году;

$I_{\text{нас},n,k}$ – частная интегральная оценка качества сельского населения n -го района в k -ом году;

$I_{\text{благ},n,k}$ – частная интегральная оценка качества благосостояния сельского населения n -го района в k -ом году;

$I_{\text{соц},n,k}$ – частная интегральная оценка качества социальной сферы и жилищно-коммунального обслуживания n -го района k -ом году;

$d(\text{нас}, \text{благ}, \text{соц})$ – вес каждого блока качества жизни в общей интегральной оценке.

Так же, как и для первой методики, по каждому блоку качества жизни были отбираются показатели и на основе их сравнения со средним значением проводится нормирование. Для того, чтобы сопоставления динамики также имело беспристрастный характер и учитывало изменения в тенденциях динамических показателей нормирование проводилось и по темпам роста всех отобранных районов.

Основываясь на том, что темпы роста (изменения) отобранных показателей изменяются по годам, то и проведение нормирования по абсолютным их значениям можно провести по формуле 10:

$$\varphi(\text{аб})_{jnk} = \frac{t_{jnk}}{\text{avg}(t_{jnk})}, \quad (10)$$

где $\varphi(\text{аб})_{jnk}$ – нормирование j -го показателя n -го района в k -ом году,

t_{jnk} – значение j -го показателя n -го района в k -ом году,

$\text{avg}(t_{jnk})$ – среднееарифметические данные j -го показателя n -го района в k -ом году.

Чем выше значение показателя, тем больше его влияние на изменение рейтинга района в общей оценке. При этом частное рейтинговое число $i(\text{дин})_{lnk}$ определяется на основе следующей формулы расчета нормированной переменной по темпам роста:

$$\varphi(\text{дин})_{jnk} = \frac{Tp_{jnk} - Tp(\text{min})_{jnk}}{Tp(\text{max})_{jnk} - Tp(\text{min})_{jnk}}, \quad (11)$$

где $\varphi(\text{дин})_{jnk}$ – нормирование переменной по темпам роста j -го показателя n -го района в k -ом году;

Tp_{jnk} – темп роста j -го показателя n -го района в k -ом году;

$Tp(\text{max})_{jnk}$ и $Tp(\text{min})_{jnk}$ – наибольшее и наименьшее значение темпа роста j -го показателя n -го района в k -ом году.

При этом, если отобранные показатели оказывают обратное влияние на конечную интегральную оценку рейтинга, т.е. чем выше значение анализируемого показателя, тем меньше значение комплексного рейтингового показателя, то нормирование таких показателей проводится с помощью следующей формулы:

$$\varphi(\text{дин})_{jnk} = \frac{Tp(\text{max})_{jnk} - Tp_{jnk}}{Tp(\text{max})_{jnk} - Tp(\text{min})_{jnk}}, \quad (12)$$

где $\varphi(\text{дин})_{jnk}$ – нормирование переменной по темпам роста j -го показателя n -го района в k -ом году;

Tr_{jnk} – темп роста j -го показателя n -го района в k -ом году;

$Tr(\text{max})_{jnk}$ и $Tr(\text{min})_{jnk}$ – наибольшее и наименьшее значение темпа роста j -го показателя n -го районов в k -ом году.

Далее проводится экспертная оценка, позволяющая выявить веса j -го показателя всех блоков качества жизни (d_{jm}), групповых рейтинговых чисел $d(\text{аб})_m$ и $d(\text{дин})_m$, а также всех блоков качества жизни в общей комплексной оценке (d_m).

Затем, используя полученные результаты нормированных переменных и рассчитанные весовые коэффициенты, определяются частные рейтинговые числа j -го показателя n -го района в k -ом году, а также групповое рейтинговое число всех блоков качества жизни на селе. Частное рейтинговое число по абсолютным показателям рассчитывается по формуле:

$$i(\text{аб})_{jnk} = \varphi(\text{аб})_{jnk} \times d_{jm}, \quad (13)$$

где $i(\text{аб})_{jnk}$ – частное рейтинговое число j -го показателя n -го района в k -ом году;

$\varphi(\text{аб})_{jnk}$ – нормированный j -й показатель n -го района k -го года,

d_{jm} – вес j -го показателя m -ого блока качества жизни.

Частные рейтинговые числа по темпам роста $\varphi(\text{дин})_{jnk}$ определяются также по формуле 13.

Далее в предлагаемой методике рассчитываются групповые рейтинговые числа $i(\text{аб})_{mnk}$ и $i(\text{дин})_{mnk}$ всех блоков качества жизни на селе:

$$i(\text{аб})_{mnk} = \sum_j i(\text{аб})_{jnk}, \quad (14)$$

где $i(\text{аб})_{mnk}$ – групповое рейтинговое число m -ого блока качества жизни n -го района в k -ом году;

$i(\text{аб})_{jnk}$ – частное рейтинговое число j -го показателя n -го района в k -ом году.

Групповое рейтинговое число по темпам роста $i(\text{дин})_{mnk}$ определяется аналогично по формуле 14.

Далее в методике проводится частная интегральная оценка каждой составляющей качества жизни сельского населения и их анализ по коэффициенту качества жизни.

Частная интегральная оценка m -ого блока качества жизни n -го района в k -ом году определяется согласно формуле 15, а ее расчет позволяет найти безразмерный относительный показатель, показывающий количественную оценку уровня качества жизни на сельских территориях каждого района.

$$I_{mnk} = i(\text{аб})_{mnk} \times d(\text{аб}) + i(\text{дин})_{mnk} \times d(\text{дин}), \quad (15)$$

где $i(\text{аб})_{mnk}$ – групповое рейтинговое число m -ого блока качества жизни n -го района в k -ом году;

$i(\text{дин})_{mnk}$ – групповое рейтинговое число по темпам роста m -ого блока качества жизни n -го района в k -ом году;

$d(\text{аб})$ – вес группового рейтингового числа абсолютных показателей;

$d(\text{дин})$ – вес группового рейтингового числа по темпам роста.

Для того чтобы оценить полученные в результате интегральные показатели, рассчитывается коэффициент качества жизни сельского населения по формуле:

$$K_{\text{кач.жиз}_n} = \frac{\left(\frac{N_1}{\text{avg}N_1}\right) + \left(\frac{N_2}{\text{avg}N_2}\right) + \dots + \left(\frac{N_k}{\text{avg}N_k}\right)}{T-1}, \quad (16)$$

где $K_{\text{кач.жиз}_n}$ – коэффициент качества жизни n -ого района;

N_1, N_2, N_k – количество баллов, присваиваемые районам в k -ом году в зависимости от установленной группы (начиная с первого года после базисного);

T – период исследования (количество лет).

Если коэффициент больше ноля, то качество жизни улучшается, если меньше, то снижается [2, 3, 13].

Заключительным этапом предлагаемой интегральной оценки качества жизни на селе являются проведение суммарной (обобщенной) интегральной оценки и расчет комплексного коэффициента качества жизни, который проводится на основе формулы 16.

Выводы: Таким образом, разработанная интегральная методика комплексной оценки жизнеобеспечения сельского населения, позволяет:

— оценить перспективы и обосновать направления дальнейшего социально-демографического развития сельских территорий;

— позволит вычислить числовое значение величины жизнеобеспечения и качества жизни сельского населения, с помощью которого можно провести группировки сельских территорий и в дальнейшем разработать более действенные меры по их развитию и жизнеобеспечению сельского населения;

— оценить результативность и эффективность работы органов государственной власти и органов местного самоуправления по созданию современных условий жизнедеятельности сельского населения.

Библиография

1. Добрунова А.И. Основные направления жизнеобеспечения населения сельских территорий / А.И. Добрунова. – Белгород, 2019. – 151 с.
2. Добрунова А.И. Сущность, экономические условия и факторы формирования системы жизнеобеспечения на сельских территориях / А.И. Добрунова / Российский экономический интернет-журнал. – 2020. – № 3. С. 11. – Режим доступа: <http://www.e-rej.ru/upload/iblock/135/135896db8631b6e2b42a9ec1334bc1dd.pdf>
3. Добрунова А.И. Формирование системы жизнеобеспечения сельского населения / А.И. Добрунова. – Белгород : Изд-во: ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», 2020. – 355 с.
4. Иванова С.Н. Пространственные аспекты развития сельских территорий северной Азии / С.Н. Иванова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 2 (380). – С. 30-34.
5. Колоскова Ю.И. Уровень потребления товаров и услуг населением сельских территорий как индикатор оценки качества и уровня жизни / Ю.И. Колоскова, Д.В. Паршуков, З.Е. Шапорова // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т. 17. № 9 (402). С. 1762-1779.
6. Копылова Ю.В. Международный опыт развития сельских территорий / Ю.В. Копылова // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 2-7 (70). С. 113-116.
7. Ломазов В.А. Применение сценарного подхода при разработке и прогнозировании результатов региональных программ развития агропромышленного комплекса / В.А. Ломазов, О.С. Акупиан, Р.В. Капинос, А.В. Ломазов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 4 (28). С. 225-238.
8. Меренкова И.Н. Перспективы проектного управления в жизнеобеспечении населения сельских территорий / И.Н. Меренкова, А.И. Добрунова // Инновационные решения в аграрной науке взгляд в будущее: материалы XXIV Международной научно-производственной конференции (Россия, Белгород, 27-28 мая 2020г.) – Белгород : Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2020. – С. 169.
9. Меренкова И.Н. Формирование системы мониторинга жизнеобеспечения населения сельских территорий / И.Н. Меренкова, А.И. Добрунова // Вестник Воронежского ГАУ. – 2020. – № 3 – С. 162-168.
10. Толстоуцкий Р.О. Оценка направлений социально-экономического развития сельских территорий / Р.О. Толстоуцкий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 2 (69). С. 113-122.
11. Likhosherstova N. Globalization of the World Economy and Its Impact on the Development of the Russian Agricultural Sector / Galina N. Likhosherstova, Elena V. Nejelchenko, Yuliya I. Zdorovets, and Svetlana N. Yasenok // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems, Lecture Notes in Networks and Systems 205 A. V. Bogoviz (ed.) – https://doi.org/10.1007/978-3-030-73097-0_16
12. Petrosov D.A. Model of an artificial. Neural. Network for solving the problem of controlling a genetic algorithm using the mathematical. Apparatus of the theory of petry nets / D.A. Petrosov, V.A. Lomazov, N.V. Petrosova // Applied Sciences (Switzerland). 2021. Т. 11. № 9. <https://doi.org/10.3390/app11093899>
13. Yerznkyan B.H. Solow models with linear labor function for industry and enterprise / B.H.Yerznkyan, T.M. Gataullin, S.T. Gataullin // Montenegrin Journal of Economics, 2021. DOI 10.14254/1800-5845/2021.17-1.8

References

1. Dobrunova A.I. The main directions of life support for the population of rural territories / A.I. Dobrunova. – Belgorod, 2019. 151 p.
2. Dobrunova A.I. The essence, economic conditions and factors of the formation of the life support system in rural areas / A.I. Dobrunova / Russian Economic Online Journal. – 2020. – No. 3. p.11. – Access mode: <http://www.e-rej.ru/upload/iblock/135/135896db8631b6e2b42a9ec1334bc1dd.pdf>

3. Dobrunova A.I. Formation of the life support system of the rural population / A.I. Dobrunova. – Belgorod: Publishing house: Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2020. – 355 p.
4. Ivanova S.N. Spatial aspects of rural development in Northern Asia / S.N. Ivanova // International Agricultural Journal. 2021. No. 2 (380). pp. 30-34.
5. Koloskova Yu.I. The level of consumption of goods and services by the population of rural areas as an indicator of the assessment of quality and standard of living / Yu.I. Koloskova, D.V. Parshukov, Z.E. Shaporova // National interests: priorities and security. 2021. Vol. 17. No. 9 (402). pp. 1762-1779.
6. Kopylova Yu.V. International experience of rural development / Yu.V. Kopylova // Current scientific research in the modern world. 2021. No. 2-7 (70). pp. 113-116.
7. Lomazov V.A. The use of a scenario approach in the development and forecasting of the results of regional programs for the development of the agro-industrial complex / V.A. Lomazov, O.S. Akupiyev, R.V. Kapinos, A.V. Lomazov // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2020. No. 4 (28). pp. 225-238.
8. Merenkova I.N. Prospects of project management in the life support of the population of rural areas / I.N. Merenkova, A.I. Dobrunova // Innovative solutions in agricultural science look into the future: proceedings of XXIV International scientific and practical conference (Russia, Belgorod, may 27-28, 2020.) – Belgorod : Izd-vo FGBOU VO Belgorodskiy GAU, 2020. – S. 169.
9. Merenkova I. N. The formation of the system of monitoring the livelihoods of rural areas / I.N. Merenkova, A.I. Dobrunova // Bulletin of the Voronezh State University. – 2020. – No. 3 – pp. 162-168.
10. Tolstolutsky R.O. Evaluation of the directions of socio-economic development of rural territories / R.O. Tolstolutsky // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2021. Vol. 14. No. 2 (69). pp. 113-122.
11. Likhosherstova N. Globalization of the World Economy and Its Impact on the Development of the Russian Agricultural Sector / Galina N. Likhosherstova, Elena V. Nejelchenko, Yuliya I. Zdorovets, and Svetlana N. Yasenok // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems, Lecture Notes in Networks and Systems 205 A. V. Bogoviz (ed.) – https://doi.org/10.1007/978-3-030-73097-0_16
12. Petrosov D.A. Model of an artificial. Neural. Network for solving the problem of controlling a genetic algorithm using the mathematical. Apparatus of the theory of petry nets / D.A. Petrosov, V.A. Lomazov, N.V. Petrosova // Applied Sciences (Switzerland). 2021. T. 11. № 9. <https://doi.org/10.3390/app11093899>
13. Yerznkyan B.H. Solow models with linear labor function for industry and enterprise / B.H. Yerznkyan, T.M. Gataullin, S.T. Gataullin // Montenegrin Journal of Economics, 2021. DOI 10.14254/1800-5845/2021.17-1.8

Сведения об авторах

Добрунова Алина Ивановна, доцент кафедры экономики, д. экон. наук ФГБОУ ВО «Белгородский аграрный университет имени В.Я. Горина», п. Майский, тел. 8 (4722) 381088, e-mail: dobrunova_ai@bsaa.edu.ru

Простенко Александр Николаевич, доцент кафедры экономики, канд. экон. наук ФГБОУ ВО «Белгородский аграрный университет имени В.Я. Горина», п. Майский, тел. +7(4722) 39-23-07, e-mail: Prostenko_AN@bsaa.edu.ru

Акупиан Ольга Станиславовна, доцент кафедры экономики, канд. экон. наук ФГБОУ ВО «Белгородский аграрный университет имени В.Я. Горина», п. Майский, тел. +7(4722) 39-22-62, e-mail: ol-ga71@mail.ru, тел. (факс.) 8 904 095 66 52

Капинос Роман Валерьевич, доцент кафедры экономики, канд. экон. наук ФГБОУ ВО «Белгородский аграрный университет имени В.Я. Горина», п. Майский, тел. +7(4722) 39-23-07, e-mail: rkapinos@yandex.ua, тел. +79066050860

Добрунов Данил Романович, студент 2-го курса агрономического факультета ФГБОУ ВО ФГБОУ ВО «Белгородский аграрный университет имени В.Я. Горина», п. Майский.

Information about authors

Dobrunova Alina Ivanovna, Associate Professor of the Department of Economics, Doctor of Economics, Belgorod Agrarian University named after V.Ya. Gorin, p. Maysky, tel. 8 (4722) 381088, e-mail: dobrunova_ai@bsaa.edu.ru

Prostenko Alexander Nikolaevich, Associate Professor of the Department of Economics, Candidate of Economic Sciences, Belgorod Agrarian University named after V.Ya. Gorin, p. Maysky, tel. +7(4722) 39-23-07, e-mail: Prostenko_AN@bsaa.edu.ru

Akupiyan Olga Stanislavovna, Associate Professor of the Department of Economics, Candidate of Economic Sciences, Belgorod Agrarian University named after V.Ya. Gorin, p. Maysky, tel. +7(4722) 39-22-62, e-mail: Akupijan_OS@bsaa.edu.ru tel. (fax.) +(84722)39-26-97

Kapinos Roman Valerievich, Associate Professor of the Department of Economics, Candidate of Economic Sciences, Belgorod Agrarian University named after V.Ya. Gorin, p. Maysky, tel. +7(4722) 39-23-07, e-mail: Kapinos_rv@bsaa.edu.ru tel. (fax.) +(84722)39-26-97

Dobrunov Danil Romanovich, 2nd year student of the Faculty of Agronomy of the Belgorod Agrarian University named after V.Ya. Gorin, p. Maysky, e-mail: Prostenko_AN@bsaa.edu.ru tel. (fax.) +7 980 324 10 85

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 (не задавать пробелами), формат – книжный. Если статья была или будет отправлена в другое издание необходимо сообщить об этом редакции.

При подготовке материалов не допускается использовать средства автоматизации документов (колонтитулы, автоматически заполняемые формы и поля, даты), которые могут повлиять на изменение форматов данных и исходных значений.

Оформление статьи

Слева в верхнем углу с абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского института научной и технической информации – ВИНИТИ либо в сотрудничестве с библиографом учредителя журнала по тел. +7 4722 39-27-05).

Ниже, через пробел, слева с абзаца – инициалы и фамилии автора(ов), полужирным курсивом. Далее, через пробел, по-центру строки – название статьи (должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

Затем с красной строки приводится аннотация, оформленная в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рефератам и аннотациям ГОСТ 7.9-95, ГОСТ 7.5-98, ГОСТ Р 7.0.4-2006, объемом 200–250 слов (не более 2000 знаков), с нового абзаца – ключевые слова.

Далее необходимо разместить на английском языке: название статьи, аннотацию (Abstract), ключевые слова (Keywords).

После этого через пробел – текст статьи, библиография (библиографическое описание приводится в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка») и ее вариант на английском языке (References). При составлении описаний на английском языке рекомендуется использовать международный стандарт Harvard, с учетом того, что фамилии и инициалы авторов русскоязычных источников, название статьи транслитерируются (согласно правилам Системы Библиотеки Конгресса США – LC), затем в квадратных скобках приводится перевод названия публикации, далее – ее выходные данные (на английском языке либо в транслитерации, без сокращений и аббревиатур).

Далее размещаются сведения об авторах, которые включают фамилию, имя и отчество, ученую степень, ученое звание (при наличии), занимаемую должность или профессию, место работы (учебы) – полное наименование учреждения или организации, включая структурное подразделение (кафедра, факультет, отдел, управление, департамент и пр.), и его полный почтовый адрес, контактную информацию – телефон и(или) адрес электронной почты, а также другие данные по усмотрению автора, которые будут использованы для размещения в статье журнала и на информационном сайте издательства. В коллективных работах (статьях, обзорах, исследованиях) сведения авторов приводятся в принятой ими последовательности. Затем следует англоязычный вариант информации об авторах (Information about authors).

Основной текст публикуемого материала (статьи) приводится на русском или английском языках. Текст публикуемой работы должен содержать введение, основную часть и заключение. Объем каждой из частей определяется автором. Вводная часть служит для обоснования автором цели выбранной темы, актуальности. Затем необходимо подробно изложить суть проблемы, провести анализ, обосновать выбранное решение, отразить, а также привести достаточные основания и доказательства, подтверждающие их достоверность. В заключительной части автор формулирует обобщенные выводы, основные рекомендации или предложения; прогнозы и (или) перспективы, возможности и области их использования. Для выделения наиболее важных понятий, выводов допускается полужирный шрифт и курсив. Не допускается применять подчеркивание основного текста, ссылок и примечаний, а также выделение его (окраска, затенение, подсветка) цветным маркером.

Авторский текст может сопровождаться монохромными рисунками, таблицами, схемами, фотографиями, графиками, диаграммами и другими наглядными объектами. В этом случае в тексте приводятся соответствующие ссылки на иллюстрации. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны.

Иллюстрации в виде схем, диаграмм, графиков, фотографий и иных (кроме таблиц) изображений считаются рисунками. Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Например: «Рис. 1. Получение гибридных клеток».

При подготовке таблиц разрешается только книжная ориентация таблицы. Подпись таблицы располагается над ней, по центру. Например: «Таблица 3 - Стандарт породы по живой массе племенных телок».

Иллюстрации, используемые в тексте, дополнительно предоставляются в редакцию в виде отдельных файлов хорошего качества, формата TIFF (с разрешением 300 dpi) или EPS, все шрифты должны быть переведены в кривые. Исключение составляют графики, схемы и диаграммы, выполненные непосредственно в программе Word, в которой предоставляется текстовый файл, или Excel. Их дополнительно предоставлять в виде отдельных файлов не требуется.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе Microsoft Equation или Microsoft MathType. Формулы, набранные в других редакторах, а также выполненные в виде рисунков, не принимаются. Все обозначения величин в формулах и таблицах должны быть раскрыты в тексте.

При цитировании или использовании каких-либо положений из других работ даются ссылки на автора и источник, из которого заимствуется материал в виде отсылок, заключенных в квадратные скобки [1]. Все ссылки должны быть сведены автором в общий список (библиография), оформленный в виде затекстовых библиографических ссылок в конце статьи, где приводится полный перечень использованных источников. Использовать в статьях внутритекстовые и подстрочные библиографические ссылки не допускается.

Порядок представления материалов

Авторы предоставляют в редакцию (ответственным секретарям соответствующих тематических разделов) следующие материалы:

- статью в печатном виде, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на последнем листе всеми авторами,
- статью в электронном виде, каждая статья должна быть в отдельном файле, в имени файла указывается фамилия первого автора,
- сведения об авторах (в печатном и электронном виде) – анкету автора,
- рецензию на статью, подписанную (доктором наук) и заверенную печатью,
- аспиранты предоставляют справку, подтверждающую место учебы.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию предоставленная автором рукопись статьи рецензируется согласно установленному порядку рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлегией в целом. Автору не принятой к публикации рукописи редколлегия направляет мотивированный отказ.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Адреса электронной почты ответственных секретарей тематических разделов приведены ниже.

Тематический раздел «Агроинженерия и энергоэффективность»:

Пастухов Александр Геннадиевич, д. т. н., профессор – ответственный редактор,
Колесников Александр Станиславович, к. т. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru
тел. +7 908 783-88-92.

Тематический раздел «Инновационные технологии в агрономии»:

Азаров Владимир Борисович, д. с.-х. н., профессор – ответственный редактор,
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 (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.

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 12 pt; for registration of tables titles, drawings, charts, block diagrams and other illustrations - Times New Roman, usual, size is 10 pt; for notes and footnotes - Times New Roman, usual, size 10 pt. For registration of the bibliography, data on authors, summaries and keywords the size is 10 pt, a line spacing is 1,0. Edges above and below, right and left are 2 cm, the paragraph is 1,00 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 form of Microsoft Equation or Microsoft MathType editor. The formulas, which are written in other editors and in the form of drawings, are not accepted. All designations of sizes in formulas and tables must be explained in the text.

In case of citing or using any provisions from other works one should give references to the author and a source from which material in the form of the sending concluded in square brackets [1]. All references must be listed by the author in the general list (bibliography) issued in the form of endnote bibliographic references in the end of article where the full list of the used sources is provided. Do not use intra text and interlinear bibliographic references in articles.

Order of materials representation

Authors provide the following materials in edition (responsible secretaries of the appropriate thematic sections):

- article in printed form, without hand-written inserts, on one party of a standard sheet, signed on the last sheet by all authors,
- article in electronic form, each article has to be in the different file, the surname of the original author titles the file,
- data about authors (in a printing and electronic versions) – the questionnaire of the author,
- the review of article signed (doctor of science) and certified by the press
- graduate students provide the reference confirming a study place.

On condition of implementation of formal requirements to materials for the publication the article manuscript provided by the author is reviewed according to an established order of reviewing of the manuscripts, which are coming to editorial office of the Journal. The decision on expediency of the publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy chief editors), and if it is necessary by an editorial board in general. The editorial board sent to the author of the unaccepted manuscript a motivated refusal.

The payment for the manuscripts publication is not charged from graduate students.

E-mail addresses of responsible secretaries of thematic sections are given below:

Thematic section “Agricultural Engineering and Energy Efficiency”:

Pastukhov Alexander Gennadievich, Dr. of Tech. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Kolesnikov Alexander Stanislavovich, Cand. Tech. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru

Tel. +7 908 783-88-92.

Thematic section “Innovative Technologies in Agronomy”:

Azarov Vladimir Borisovich, Dr. Agric. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Muravyov Alexander Alexandrovich, Cand. Agri. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru

Tel. +7 952 142-75-77.

Thematic section “Innovative Economics, Management of Agricultural Enterprises and Social Development of the Village”:

Nasedkina Tatyana Ivanovna, Dr. Econ. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Demesheva Irina Alekseevna, Cand. Econ. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: demesheva_ia@bsaa.edu.ru

Tel. +7 920 208-73-49.

Example of registration of article

UDC 633.11(470.325)

V.V. Smirnova, N.A. Sidelnikova, I.V. Kulishova

**FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN
OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION**

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation
Text annotation Text annotation Text annotation (not less than 250 words).

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords (not less than 5 keywords).

Text.....
.....
.....

Table 1 - The breed standard in live weight of breeding sows

References

1. Smirnova V.V. Vliyanie predshestvennikov na urozhajnost' sortov ozimoy pshenicy, tekhnologicheskie kachestva zerna i ih izmenenie pri hranenii: avtoreferat dis. ... kand.s.-h. nauk: 06.01.09 / Smirnova V.V.; BelGSKHA. – Belgorod, 2007. – 19 s.
2. Sidel'nikova N.A. Sovershenstvovanie intensivnyh tekhnologij vozdeleyvaniya zernovyh kul'tur v CCHZ / N.A. Sidel'nikova, L.G.Gavrilenko // Sbornik nauchnyh 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.