



Инновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№1 (33) 2022

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 1 (33)
2022 г.**

**п. Майский
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ
2022**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Заместитель главного редактора – Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент

Члены редакционной коллегии:

Азаров В.Б., д. с.-х. н., профессор;
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 04.04.2022 г., дата выхода в свет 18.04.2022 г.

Усл. п.л. 22,1 Тираж 1000 экз. Заказ №1871. 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 1 (33)
2022**

**Maysky
FSBEI HE Belgorod SAU
2022**

EDITORIAL STAFF

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

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

Members of Editorial Staff:

Azarov V.B., Dr. Agr. Sci., professor;
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.;
Gruzdova 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 04.04.2022, date of publication 18.04.2022.

Conventional printed sheet 22,1. Circulation 1000 copies. Order № 1871. Free price.

Address of printing: st. Student 16, office 19., Belgorod, Russia

tel. +7-910-360-14-99.

e mail: polyterra@mail.ru, Official website: [www//polyterra.ru](http://polyterra.ru)

СОДЕРЖАНИЕ

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

А.В. Агибалов О ВЗАИМОСВЯЗИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ И АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	9
В.В. Акиндинов, А.В. Курьянов АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	16
В.В. Акиндинов, А.С. Лосева МНОГОФАКТОРНЫЙ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	24
Д.И. Жилияков АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ ОБОРОТНЫХ СРЕДСТВ В ОЦЕНКЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.....	31
Т.И. Наседкина, А.И. Черных, И.А. Демешева БУХГАЛТЕРСКАЯ ОТЧЕТНОСТЬ КАК ОСНОВА АНАЛИЗА ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	39

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

В.И. Борозенцев К РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА ВЫЖИМАЮЩЕГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ.....	51
С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, А.Ф. Окунев, Р.З. Байрамов КОНВЕЙЕРНАЯ СУШИЛКА ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА.....	60
А.А. Жосан, М.М. Ревякин, С.И. Головин МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	71
А.Г. Пастухов, Д.Н. Бахарев, А.П. Чирок МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ НА КОЛЕБАНИЕ ОБМОЛАЧИВАЕМОЙ МАССЫ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ.....	77
А.Г. Пастухов, О.А. Шарая, А.Г. Минасян, Е.П. Тимашов НАПРАВЛЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ НИР ЛАБОРАТОРИИ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В РЕШЕНИИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ.....	86
О.А. Чехунов, В.В. Воронин МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СТОЙЛОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ КРС.....	100
Е.П. Тимашов ЦИФРОВОЙ РЕГИСТРАТОР НЕИСПРАВНОСТИ ТРАНСМИССИИ.....	110
Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев, О.О. Багринцев, А.С. Коломейченко ТЕХНОЛОГИЯ КАРБОВИБРОДУГОВОГО УПРОЧНЕНИЯ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.....	117
М.И. Туманова, И.П. Беляков ЗАПИРАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДВЕРЕЙ СТАНКА ПРИ СОДЕРЖАНИИ СУПОРΟΣНЫХ СВИНОМАТОК.....	125

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

А.И. Дутов, Л.А. Пузанова АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МИНИМИЗАЦИИ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ВОЗРОЖДЕНИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ АВАРИИ НА ЧАЭС).....	133
Е.В. Ковалёва, Е.А. Дроздова, Н.А. Лопачёв, Е.Г. Котлярова, Т.С. Морозова ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЙ ГУМУСА И КАРБОНАТОВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КАТЕН ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ.....	141
Т.В. Леухина, С.В. Резвякова ОЦЕНКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СХЕМ ПОСЕВА.....	153
Н.А. Сидельникова, В.В. Смирнова, Л.В. Шеховцова ПРОИЗВОДСТВО И ХРАНЕНИЕ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	158
Я.И. Филимонов, Н.В. Коцарева ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И РАСТЕНИЙ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ И СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТА НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ.....	165
Руководство для авторов	172

CONTENTS

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

A.V. Agibalov ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS AND AGRICULTURAL ENTERPRISES OF THE VORONEZH REGION.....	9
V.V. Akindinov, A.V. Kuryanov ANALYSIS AND FORECASTING OF THE USE OF RESOURCE POTENTIAL IN AGRICULTURE.....	16
V.V. Akindinov, A.S. Loseva MULTIFACTORIAL ECONOMETRIC ANALYSIS IN AGRICULTURE.....	24
D.I. Zhilyakov ANALYSIS OF OWN WORKING ASSETS IN ASSESSING THE FINANCIAL STABILITY OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS.....	31
T.I. Nasedkina, A.I. Chernykh, I.A. Demesheva ACCOUNTING STATEMENTS AS A BASIS FOR ANALYZING THE FINANCIAL STABILITY OF AN ENTERPRISE.....	39

AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY

V.I. Borozentsev TO THE DEVELOPMENT OF THE MILKING MACHINE DESIGN THE SQUEEZING PRINCIPLE OF ACTION.....	51
S.V. Vendin, Yu.V. Saenko, A.F. Okunev, R.Z. Bairamov SEED GRAIN CONVEYOR DRYER WITH APPLICATION OF INFRARED HEATING.....	60
A.A. Zhosan, M.M. Revyakin, S.I. Golovin METHODOLOGY FOR EVALUATING THE CONDITIONS OF OPERATING AND PREDICTING THE RESIDUAL RESOURCE OF DIESEL ENGINES.....	71
A.G. Pastukhov, D.N. Bakharev, A.P. Chirok MATHEMATICAL MODELING OF THE WORK ON THE OSCILLATION OF THE THRESHED MASS OF CORN COBS.....	77
A.G. Pastukhov, O.A. Sharaya, A.G. Minasyan, E.P. Timashov DIRECTIONS OF APPLIED RESEARCH OF THE LABORATORY OF METALLOGRAPHIC ANALYSIS IN SOLVING AGROENGINEERING PROBLEMS.....	86
O.A. Chekhunov, V.V. Voronin MULTIFUNCTIONAL UNIT FOR MAINTENANCE OF CATTLE STALLS.....	100
E.P. Timashov DIGITAL TRANSMISSION FAULT RECORDER.....	110
N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko, V.N. Logachev, O.O. Bagrintsev, A.S. Kolomeichenko THE TECHNOLOGY OF CARBO-VIBRO-ARC HARDENING AND THE FEASIBILITY OF ITS USE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX.....	117
M.I. Tumanova, I.P. Belyakov LOCKING DEVICE FOR MACHINE DOORS WHEN KEEPING PREGNANT SOWS.....	125

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY

A.I. Dutov, L.A. Puzanova AGROECOLOGICAL ASPECTS OF MINIMIZING POPULATION EXPOSURE DOSE IN THE CONTEXT OF REVIVAL OF FEED PRODUCTION IN THE RADIONU-CLIDES-CONTAMINATED TERRITORY (ON THE EXAMPLE OF CHERNOBYL NPP ACCIDENT).....	133
E.V. Kovalyova, E.A. Drozdova, N.A. Lopachev, E.G. Kotlyarova, T.S. Morozova TRENDS OF CHANGES IN HUMUS AND CARBONATES OF DIFFERENT-AGE CATENAS OF CENTRAL FOREST-STEPPE.....	141
T.V. Leukhina, S.V. Rezvyakova ASSESSMENT OF MORPHOLOGICAL INDICATORS OF NEW PROMISING SOY-BEAN LINES DEPENDING ON SOWING SCHEMES.....	153
N.A. Sidelnikova, V.V. Smirnova, L.V. Shekhovtsova PRODUCTION AND STORAGE OF OILSEEDS IN THE BELGOROD REGION.....	158
Ya.I. Filimonov, N.V. Kotsareva THE EFFECT OF TREATMENT OF SEEDS AND PLANTS WITH MICRO FERTILIZERS AND GROWTH STIMULANTS ON THE SEED PRODUCTIVITY OF SOYBEAN VARIETIES.....	165
Guidelines for authors	172

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 332.1(470.324)

А.В. Агибалов

О ВЗАИМОСВЯЗИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ И АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Россия является исконно аграрной страной, с собственными традициями и устоями, укладом быта и деятельности, с выраженной долей сельских территорий, развитие которых является одной из актуальнейших проблем настоящего времени. В последние годы разрыв между уровнем жизни сельских жителей и городских усиливается, что приводит к неоправданному ускорению процессов урбанизации, укрупнению городских поселений, исчезновению сел и деревень. Воронежская область – одна из областей Центрально-Черноземного региона, с высокой долей сельского населения и высокими показателями эффективности сельского хозяйства. В последние годы внимание инвесторов к АПК усилилось: рост господдержки позволил данной отрасли перейти от импортозамещения к экспортоориентированному производству, отдельные направления деятельности даже получили международное развитие. Вместе с тем тенденции повышения роста интенсивности и эффективности в данной сфере экономики мало отразились на уровне и качестве жизни селян, более того наметившиеся процессы роста стоимости продовольствия заставляют снова задуматься о перспективах и направлениях развития сельских территорий. Существующая дифференциация сельских территорий оказывает влияние не только на уровень социально-экономического развития сельских населенных пунктов, но и определяет внутренние различия построения системы экономических отношений бизнеса в них. По оценкам экономистов, Воронежская область обладает вторым после Краснодарского края аграрным потенциалом, имеет высокие логистические показатели, при этом транспортная инфраструктура региона развивается на фоне роста общей протяженности платных участков, что влечет общее обособление сельских территорий и снижение мобильности ее жителей. Согласно стратегии социально-экономического развития Воронежской области до 2035 года, для многих муниципалитетов долгосрочной приоритетной задачей являются если не рост численности, то недопущение его высоко динамичного сокращения. На долю сельскохозяйственных организаций приходится более трех четвертей производимой продукции на землях сельскохозяйственного назначения, находящихся в пределах сельских муниципалитетов. Вместе с тем связь между сельскохозяйственными организациями и сельскими территориями достаточно условная и формально проявляется через закреплённые на местном уровне налоги и сборы, наполняющие доходную часть бюджета муниципалитета: налог на доходы физических лиц, налог на имущество, земельный налог и т.д. Целью исследования является оценка возможности усиления участия сельскохозяйственных организаций в сохранении и развитии сельских территорий.

Ключевые слова: сельские территории, сельское хозяйство, типология сельских территорий Воронежской области, взаимосвязь развития сельских территорий и эффективности сельскохозяйственных организаций, инвестиции.

ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS AND AGRICULTURAL ENTERPRISES OF THE VORONEZH REGION

Abstract. Russia is a native agrarian country, with its own traditions and foundations, a way of life and activity, with a pronounced share of rural territories, the development of which is one of the most pressing problems of the present. In recent years, the gap between rural and urban living standards has been widening, leading to unjustified acceleration of urbanization, enlargement of urban settlements, and the disappearance of villages and villages. Voronezh region is one of the regions of the Central Black Earth region, with a high share of the rural population and high agricultural efficiency. In recent years, the attention of investors to the agro-industrial complex has intensified: the growth of state support has allowed this industry to switch from import substitution to export-oriented production, certain areas of activity have even received international development. At the same time, the trends of increasing intensity and efficiency in this area of the economy have had little impact on the level and quality of life of the villagers, moreover, the emerging processes of rising food costs make us think again about the prospects and directions of rural development. The existing differentiation of rural territories affects not only the level of socio-economic development of rural settlements, but also determines the internal differences in the construction of a system of economic business relations in them. According to economists, the Voronezh region has the second agricultural potential after the Krasnodar Territory, has high logistical indicators, while the transport infrastructure of the region is developing against the background of an increase in the total length of paid plots, which entails a general separation of rural areas and a decrease in the mobility of its inhabitants. According to the strategy of socio-economic development of the Voronezh region until 2035, for

many municipalities, the long-term priority task is, if not to increase the number, then to prevent its highly dynamic reduction. Agricultural organizations account for more than three quarters of agricultural production in rural municipalities. At the same time, the connection between agricultural organizations and rural territories is quite conditional and formally manifests itself through taxes and fees fixed at the local level that fill the income part of the municipality's budget: personal income tax, property tax, land tax, etc. The aim of the study is to assess the possibility of strengthening the participation of agricultural organizations in the preservation and development of rural areas.

Keywords: rural territories, agriculture, the typology of rural territories of the Voronezh region, the relationship between the development of rural territories and the effectiveness of agricultural organizations, investments.

Местное самоуправление – это гарантированная Конституцией РФ форма самоорганизации граждан для решения вопросов жизнеобеспечения [1]. Выполнение возложенных на данные субъекты функций и задач требует наличия достаточных источников финансирования, аккумулирующихся в бюджетах муниципальных образований [2].

Основными бюджетообразующими налогами муниципалитетов сельских территорий выступают НДФЛ, налог на землю и налог на имущество [3]. Как следствие, на территории Воронежской области сельскохозяйственные организации имеют большое значение в экономике региона и оказывают существенное влияние на формирование потенциала социально-экономического развития сельских территорий. Это обусловлено тем, что именно им удается организовать высокоэффективное масштабное производство, направленное на обеспечение продовольственной безопасности. При удельном весе земель сельскохозяйственного назначения более 80% в структуре земельного фонда населенных пунктов и их преобладающем использовании крупными сельскохозяйственными организациями, именно они становятся базисом экономики сельских населенных пунктов.

Уровень жизни сельского населения складывается под влиянием личного дохода и качества основных жизнеобеспечивающих услуг и условий, сформировавшихся в результате сочетания природного потенциала и бюджетных возможностей территории [4]. Чем выше совокупные показатели, тем больше совокупная удовлетворенность граждан условиями проживания, что выражается в росте численности населения муниципального образования [5].

Полагаем, что эффективность деятельности сельскохозяйственных организаций различна на разных типах сельских территорий (Рисунок 1).



Рис. 1 – Типологизация сельских территорий Воронежской области

Источник: разработано автором на основе [4].

Статус административного центра построения муниципального района, на котором расположены сельские населенные пункты, определяет не только пространственные, но и логистические факторы удаленности рынков сбыта, трудовых и земельных ресурсов.

Как показал корреляционно-регрессионный анализ, основным фактором формирования дохода населения сельских территорий является оплата труда работников, занятых в сельском хозяйстве (Таблица 1). Так, относительно сельских территорий, в центре которых находится село, наибольшую важность - 75% оплата труда имеет на удаленных от областного центра территориях Верхнемамонского, Воробьевского, Петропавловского, Репьевского и Терновского районов.

Таблица 1 – Модели зависимости дохода населения сельских территорий от уровня оплаты труда работников сельскохозяйственных организаций

Типы	Модели зависимости	R ²	Количество наблюдений
I тип	$y = 0,0340x + 16189,98$	0,42	45
в т.ч. по удаленным от областного центра и городов федерального значения	$y = 0,0591x + 7006,76$	0,75	25
II тип	$y = 0,05827x + 8670,76$	0,56	50
III тип	$y = 0,05871x + 8494,72$	0,60	35
IV тип	$y = 0,0434x + 15394,33$	0,72	25
Всего	$y = 0,0449x + 13048,04$	0,52	155

Источник: разработано автором на основе корреляционного анализа в Excel данных департамента аграрной политики Воронежской области и источника [6]

Высокая значимость фактора – 72% проявляется на сельских территориях, сформированных на основе городов регионального значения, что подчеркивает высокий вклад отрасли сельского хозяйства для их экономики.

Одним из факторов оттока населения из сельской местности является сокращение общей занятости в сельском хозяйстве (Таблица 2).

Таблица 2 – Динамика общего количества занятых в сельскохозяйственных организациях сельских территорий Воронежской области, чел.

Типы	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Темп спада, %
I тип	6144	5429	6049	6090	5815	5,3
II тип	8891	9085	9311	8747	8092	9,0
III тип	8481	8143	7770	7168	7050	12,9
IV тип	6255	6517	7223	7300	6210	0,7
Всего	29771	29174	30353	29305	27167	8,7

Источник: рассчитано автором на основе данных Департамента аграрной политики Воронежской области

Прежде всего, отличаются устойчивостью к сокращению количества занятых сельскохозяйственные предприятия, расположенные на сельских территориях IV типа, при среднем темпе спада по региону 8,7%, в этом типе сельских территорий он составил 0,7%. Это обусловлено возможностью трудоустроиться жителям этих сельских поселений в связи с наличием рабочих мест в городах, а также и развитостью рынка труда на сельских территориях. Кроме того, такая тенденция проявляется ввиду развития именно на этих территориях крупных агропромышленных формирований, высокой транспортной доступности и обеспеченности трудовыми ресурсами.

Проведенными исследованиями установлено, что социально-экономическое развитие сельских территорий, удовлетворенность жителей условиями сельской жизни находятся в

тесной взаимосвязи с эффективностью деятельности предприятий сферы АПК, что определяет уровень дохода работников (Таблица 3).

Таблица 3 – Эффективность использования земель в сельскохозяйственных организациях по типам сельских территорий Воронежской области

Типы сельских территорий	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Произведено молока на 100 га с/х угодий, ц					
По территориям I типа	90,8	73,4	61,6	117,6	76,3
По территориям II типа	223,7	228,8	307,7	251,7	279,3
По территориям III типа	145,3	168,6	206,0	213,7	234,9
По территориям IV типа	714,6	796,8	877,4	1262,9	1412,3
В среднем	244,1	258,9	302,7	389,5	415,3
Произведено прироста КРС на 100 га с/х угодий, ц					
По территориям I типа	7,5	5,9	3,5	5,5	2,8
По территориям II типа	15,2	15,3	21,4	14,2	18,1
По территориям III типа	10,8	12,4	10,9	11,5	11,7
По территориям IV типа	53,5	54,9	44,3	54,0	56,4
В среднем	17,9	18,1	17,1	18,6	19,2
Произведено зерна на 100 га пашни, ц					
По территориям I типа	931,1	1301,4	2149,3	1933,3	2704,0
По территориям II типа	585,8	1505,9	1509,6	1522,8	1960,2
По территориям III типа	783,0	1754,0	1330,8	1707,3	2055,6
По территориям IV типа	596,7	1419,5	1368,8	1484,5	1478,6
Всего	717,7	1500,7	1593,5	1677,5	2134,4
Произведено подсолнечника на 100 га пашни, тыс. руб.					
По территориям I типа	271,5	165,8	397,8	374,1	411,8
По территориям II типа	244,4	234,1	369,9	397,3	374,5
По территориям III типа	298,5	254,8	344,4	439,9	388,9
По территориям IV типа	242,1	217,7	302,4	341,2	235,1
Всего	265,1	217,8	358,9	393,2	366,0
Получено выручки на 100 га с/х угодий, тыс. руб.					
По территориям I типа	2847,9	2198,6	3195,7	4770,0	4978,6
По территориям II типа	3099,7	2915,7	4361,3	3544,7	5212,0
По территориям III типа	2925,0	3059,8	3674,1	3453,5	4985,1
По территориям IV типа	7278,0	7920,9	8661,0	7722,9	8634,0
Всего	3629,8	3529,2	4557,2	4499,6	5408,2

Источник: рассчитано автором на основе [6, 7, 8]

Проведенная оценка эффективности деятельности сельскохозяйственных организаций по типам сельских территорий Воронежской области свидетельствует о высоком ее уровне в IV типе сельских территорий. Так, в сельскохозяйственных организациях этого типа получено выручки в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий в 2020 г. 8643,0 тыс. руб., что существенно выше по сравнению со средним уровнем по региону (на 3225,8 тыс. руб.) и с другими типами сельских территорий (по I, II и III типам более чем на 3400 тыс. руб.).

Показатели эффективности использования земель для ведения сельскохозяйственного производства также подтверждают тенденцию более интенсивного ведения отраслей растениеводства и животноводства в сельскохозяйственных организациях IV типа сельских территорий по отношению к первым трем типам. В расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий сельскохозяйственные организации IV типа сельских территорий произвели 1412 ц молока, что в 6-7 раз и более превышает уровень других типов территорий. Аналогична ситуация и по производству живой массы крупного рогатого скота.

Следует отметить, что по производству зерна и подсолнечника в расчете на 100 га пашни сельскохозяйственные организации IV типа сельских территорий уступают показателям по I-III типам, что обусловлено более развитым кормопроизводством.

Оценка эффективности использования основных производственных средств в сельскохозяйственных организациях региона также показывает, что она существенно выше в IV типе сельских территорий. Фондоотдача в сельскохозяйственных организациях этого типа, несмотря на снижение с 2016 по 2020 г. на 8,1%, превысила достигнутый уровень ее в I-II типах в 5,7 раза и в III типе – в 1,9 раза (Таблица 4).

Таблица 4 – Эффективность использования основных производственных средств в сельскохозяйственных организациях по типам сельских территорий Воронежской области

Типы сельских территорий	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Фондоотдача, руб.					
По территориям I типа	0,411	0,214	0,278	0,215	0,322
По территориям II типа	0,495	0,328	0,351	0,281	0,324
По территориям III типа	0,945	0,660	0,689	0,778	0,944
По территориям IV типа	1,995	1,753	1,978	1,861	1,834
В среднем	0,715	0,473	0,508	0,416	0,495
Фондоемкость, руб.					
По территориям I типа	2,434	4,668	3,604	4,647	3,101
По территориям II типа	2,021	3,052	2,851	3,554	3,085
По территориям III типа	1,059	1,516	1,451	1,285	1,059
По территориям IV типа	0,501	0,570	0,506	0,537	0,545
В среднем	1,398	2,115	1,970	2,403	2,021

Источник: рассчитано автором на основе данных Департамента аграрной политики Воронежской области

Показатели фондоотдачи и фондоемкости косвенно характеризуют специализацию сельскохозяйственных организаций, размещенных на сельских территориях разных типов. Так, сельскохозяйственные организации сельских территорий I типа специализируются на растениеводстве, большая доля животноводства в стоимости товарной продукции наблюдается в сельскохозяйственных организациях II и III типов, сельскохозяйственные организации IV типа сельских территорий имеют ярко выраженную ориентацию на животноводство. Поэтому можно сделать предположение о более интенсивном использовании потенциала сельских территорий IV типа, повышающего одновременно не только эффективность функционирования организаций, но и уровень антропогенной нагрузки на сельские территории. Ориентация сельскохозяйственных организаций территорий I типа на растениеводство обуславливает большую свободу населения и возможность ведения личного подсобного хозяйства.

Об эффективности использования трудовых ресурсов в сельскохозяйственных организациях различных типов сельских территорий свидетельствуют данные таблицы 5. Полученная выручка от реализации продукции в расчете на одного работника, занятого в сельскохозяйственном производстве, в сельскохозяйственных организациях IV типа сельских территорий значительно больше ее суммы в других типах, что, в конечном счете, обусловлено более высоким уровнем использования земельных ресурсов, основных производственных средств и трудовых ресурсов в IV типе сельских территорий области.

Таблица 5 – Динамика производительности труда в сельскохозяйственных организациях по типам сельских территорий Воронежской области, тыс. руб./чел.

Типы сельских территорий	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Выручка на 1 работника, занятого в сельскохозяйственном производстве					
По территориям I типа	2311,9	2249,5	3354,9	2985,0	3456,1
По территориям II типа	2260,8	2197,8	2589,9	2537,6	3682,0
По территориям III типа	2157,2	2105,4	2482,5	2493,7	3417,9
По территориям IV типа	3746,1	3936,2	4197,1	3401,9	4667,7
В среднем	2553,9	2569,9	3097,3	2835,1	4218,5

Источник: составлено автором на основе данных Департамента аграрной политики Воронежской области

При исследовании взаимосвязи развития сельских территорий и эффективности сельскохозяйственных организаций Воронежской области установлена существенная колеблемость уровня вложенных средств по годам, а также высокий межтиповой разброс в уровне инвестиций. Так, инвестиции (на 100 га сельскохозяйственных угодий) в среднем по области показывали два положительных (2017 г. и 2019 г.) и два отрицательных (2018 г. и 2020 г.) цепных темпов прироста. При этом инвестиции в сельскохозяйственных организациях IV типа больше их размера в I типе в 5,7 раза, во II типе – в 2,9 раза (Таблица 6). Сложившаяся дифференциация в уровне инвестиций в сельскохозяйственных организациях различных типов сельских территорий региона усиливает диспропорции в воспроизводстве их социально-экономического потенциала.

Таблица 6 – Динамика инвестиций в сельскохозяйственных организациях по типам сельских территорий Воронежской области

Типы сельских территорий	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Инвестиции на 1 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.					
По территориям I типа	50,1	57,0	50,6	53,7	54,5
По территориям II типа	105,9	151,6	145,1	128,5	105,9
По территориям III типа	202,1	305,2	285,1	355,4	308,5
По территориям IV типа	243,4	466,8	360,4	464,7	310,1
В среднем	139,8	211,5	197,0	240,3	202,1

Источник: рассчитано автором на основе данных Департамента аграрной политики Воронежской области

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что потенциал социально-экономического развития сельских территорий Воронежской области неоднороден. Так, выделение четырех типов сельских территорий в зависимости от центра построения административно-территориальной единицы позволяет определить разный уровень эффективности сельскохозяйственных организаций, а, следовательно, и разный объем потенциального обеспечения бюджетов сельских территорий собственными налоговыми источниками. Более низкая эффективность предприятий АПК в перспективе обуславливает и более низкий уровень доходов, работающих на них. Полагаем, рост благополучия аграриев является залогом повышения уровня социально-экономического развития сельских территорий и качества жизни их населения. Изучение сельских территорий связано с их особенностями, многофункциональным назначением, ролью в социально-экономическом развитии страны. Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что формирование ресурсной базы развития сельских территорий может концептуально осуществляться или при усилении роли организаций отрасли АПК и их налогообложения, либо путем расширения участия бюджетов регионального и федерального уровней. В любом случае, сохранение сельских территорий не только как административно-территориальной единицы, но и как самобытного сосредоточе-

ния исторического и культурного наследия требует достаточных источников, обеспечить которые в современных условиях, без изменений практически невозможно.

Библиография

1. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.constitution.ru/> (дата обращения: 10.02.2021).
2. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ (ред. от 01.07.2021 г. и изм. и доп. 30.09.2021 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. Вып. № 40 – Ст. 3822 – 2003.
3. Бюджетный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102054721> (дата обращения: 10.02.2021).
4. Агибалов А.В. Анализ функционирования сельских территорий Воронежской области / А.В. Агибалов // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 6. С. 829-847.
5. Хищков И.Ф., Чогут Г.И., Петропавловский В.Е. Взаимодействие труда, предпринимательства и власти как фактор устойчивого развития сельской территории и человеческого потенциала // АПК: Экономика, управление. 2019. № 4. С. 74-87.
6. Показатели социального и экономического развития городских округов и муниципальных районов Воронежской области. Статистический сборник. 2021. Воронеж: Воронежстат, 2021. 169 с.
7. Основные показатели растениеводства районов Воронежской области: Стат. сбор. / Воронежстат. Воронеж, 2021. 80 с.
8. Основные показатели животноводства по районам Воронежской области : Стат. сбор./ Воронежстат. Воронеж, 2021. 60 с.

References

1. Constitution of the Russian Federation [Electronic resource]. – Access mode: URL: <http://www.constitution.ru/> (date of access: 10.02.2021).
2. On the general principles of the organization of local self-government in the Russian Federation: Federal Law of 06.10.2003.g. No. 131-FZ (as amended on July 1, 2021 and amended and supplemented on September 30, 2021) // Collected Legislation of the Russian Federation. Issue. No. 40 - Art. 3822 - 2003.
3. Budget Code of the Russian Federation [Electronic resource]. – Access mode: URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102054721> (date of access: 02/10/2021).
4. Agibalov A.V. Analysis of the functioning of rural areas of the Voronezh region / A.V. Agibalov // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. No. 6. P. 829-847.
5. Khitskov I.F., Chogut G.I., Petropavlovsky V.E. Interaction of labor, entrepreneurship and power as a factor in the sustainable development of rural territory and human potential // Agro-industrial complex: Economics, management. 2019. № 4. P. 74-87.
6. Indicators of social and economic development of urban districts and municipal districts of the Voronezh region. Statistical collection. 2021. Voronezh : Voronezhstat, 2021. 169 p.
7. The main indicators of crop production in the districts of the Voronezh region: Stat. collection / Voronezhstat. Voronezh, 2021. 80 p.
8. Main indicators of animal husbandry in the districts of the Voronezh region: Stat. collection. / Voronezhstat. Voronezh, 2021. 60 p.

Сведения об авторах

Агибалов Александр Владимирович, кандидат экономических наук, заведующий кафедрой финансов и кредита, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, д. 1, г. Воронеж, Россия, 394087, тел.: +7(473) 253-86-31, e-mail: agi-64@mail.ru

Information about authors

Agibalov Aleksandr Vladimirovich, Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Finance and Credit, Voronezh State Agrarian University, st. Michurina, 1, Voronezh, Russia, 394087, tel.: +7(473) 253-86-31, e-mail: agi-64@mail.ru

УДК 330.44

В.В. Акиндинов, А.В. Курьянов

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. Становление рыночных отношений крайне негативно сказалось на развитии аграрного сектора экономики. Ослабление приоритетов развития сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности страны привело практически к полному распаду сельскохозяйственной отрасли, неэффективному использованию как земельных, так и трудовых ресурсов, полному физическому и моральному износу основных средств и отсутствию оборотного капитала для развития сельскохозяйственного производства. Государство при переходе к рыночным отношениям не выделило сельское хозяйство в отдельную структуру экономики, а проводило реформы, используя единые с промышленным сектором экономики подходы, что также способствовало нерациональному использованию ресурсного потенциала отрасли.

В настоящее время при развитии экономического и финансового кризиса в России в целом наблюдается медленный, а по ряду отраслей экономики (сырьевая, пищевая и др.) значительный рост производства, инвестиций, внедрение соответствующих мировому уровню технологий. В сельском хозяйстве кризисные явления также имеют место, что отражается в увеличении разрыва уровней жизни городского и сельского населения, старении техники и оборудования, увеличении площади пустующих или нерационально используемых земель. Тем не менее, современное сельскохозяйственное производство демонстрирует ряд успешных аграрных проектов, реализованных в некоторых регионах страны, в том числе и в Тамбовской области. С экономической точки зрения следует различать ресурсный и производственный потенциал. Ресурсный потенциал – это совокупность трудовых, природных и материальных ресурсов, которая определяется количеством, качеством, внутренней структурой каждого ресурса. Ресурсный потенциал равен суммарной оценке самих ресурсов. Эффективность работы предприятий в значительной мере зависит от учета влияния и своевременной корректировки использования главных факторов сельскохозяйственного производства: труда, земли и капитала при стремлении к сбалансированности в использовании основных элементов ресурсного потенциала. В данной ситуации актуальным становится исследование теоретических и практических вопросов оценки производственного потенциала сельскохозяйственных предприятий и повышения эффективности его использования.

Ключевые слова: ресурсы, ресурсный потенциал, эффективность, экономико-математическая модель, прогнозирование.

ANALYSIS AND FORECASTING OF THE USE OF RESOURCE POTENTIAL IN AGRICULTURE

Abstract. The formation of market relations has had an extremely negative impact on the development of the agricultural sector of the economy. The weakening of priorities for the development of agriculture to ensure the country's food security has led to the almost complete collapse of the agricultural sector, inefficient use of both land and labor resources, complete physical and moral deterioration of fixed assets and the lack of working capital for the development of agricultural production. During the transition to market relations, the state did not separate agriculture into a separate structure of the economy, but carried out reforms using the same approaches as the industrial sector of the economy, which also contributed to the irrational use of the resource potential of the industry.

Currently, with the development of the economic and financial crisis in Russia as a whole, there is a slow, and in a number of sectors of the economy (raw materials, food, etc.), a significant increase in production, investment, and the introduction of technologies corresponding to the world level. In agriculture, crisis phenomena also occur, which is reflected in an increase in the gap between the living standards of urban and rural populations, the aging of machinery and equipment, an increase in the area of empty or irrationally used land. Nevertheless, modern agricultural production demonstrates a number of successful agricultural projects implemented in some regions of the country, including the Tambov region. From an economic point of view, it is necessary to distinguish between resource and production potential. Resource potential is a set of labor, natural and material resources, which is determined by the quantity, quality, and internal structure of each resource. The resource potential is equal to the total assessment of the resources themselves. The efficiency of enterprises largely depends on taking into account the impact and timely adjustment of the use of the main factors of agricultural production: labor, land and capital in an effort to balance the use of the main elements of resource potential. In this situation, the study of theoretical and practical issues of assessing the production potential of agricultural enterprises and improving the efficiency of its use becomes relevant.

Keywords: resources, resource potential, efficiency, economic and mathematical model, forecasting.

Эффективное использование ресурсного потенциала подразумевает его рациональное применение и правильную сбалансированность составляющих элементов. Рациональ-

ное использование ресурсного потенциала сельскохозяйственного предприятия подразумевает систему количественного и качественного сбалансированное сочетание земли, труда и материальных средств производства, которое в свою очередь позволяет добиваться высоких показателей в производстве [2].

На примере СХПК «Родина» Мичуринского района проанализируем его ресурсный потенциал, спрогнозируем его возможности для получения максимальной прибыли.

В состав общей земельной площади входит вся территория, закрепленная за сельскохозяйственными предприятиями. Структура земельных фондов в СХПК «Родина» Мичуринского района Тамбовской области представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Состав и структура земельного фонда в СХПК «Родина» Мичуринского района Тамбовской области за 2016-2020 гг.

Виды угодий	Площадь, га					Структура земельного фонда, %					Структура сельхозугодий, %				
	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
Общая земельная площадь	7956,2	7682,3	7682,3	7387	7147	100	100	100	100	100	х	х	х	х	х
Сельскохозяйственные угодья	7598,9	7325	7325	7030	7147	95,5	95,3	95,3	95,2	100	100	100	100	100	100
из них пашни	6340	6113	6113	5908	5875	79,7	79,6	79,6	80,0	82,2	83,4	83,5	83,5	84,0	82,2
сенокосы	354,8	338	337	304	390	4,5	4,4	4,4	4,1	5,5	4,7	4,6	4,6	4,3	5,5
пастбища	904,1	875	875	818	882	11,4	11,4	11,4	11,1	12,3	11,9	11,9	11,9	11,6	12,3
Болота	45	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
Прочие земли	312,3	357,3	357,3	357	-	4,5	4,7	4,7	4,8	-	4,1	4,9	4,9	5,1	-

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод о том, что общая земельная площадь в СХПК «Родина» за 2016-2020 гг. сократилась. Так, например, в 2020 г. по сравнению с 2016 г. она снизилась на 809,2 га или 10,2%. Площадь сельскохозяйственных угодий за анализируемый период также изменилась. Так, например, в 2020 г. по сравнению с 2016 г. она сократилась на 451,9 га или 5,9% и составила 7147 га, что составляет 100% от общей земельной площади. Коэффициент распаханности (удельный вес пашни) демонстрирует размер сельскохозяйственных угодий, занятых пашней, составляет 82,2%. Положительным моментом является отсутствие занятых и целинных земель. Это говорит о том, что у сельскохозяйственного предприятия хватает мощностей для обработки и использования всей площади, и земельные ресурсы используются в полном объеме. Пруды и водоемы не представлены на территории предприятия. Они могли бы служить для орошения посевов сельскохозяйственных культур.

Положительным моментом является отсутствие древесно-кустарниковых растений в 2020 г., так как они являются заброшенными и наступающими территориями, неиспользуемыми пахотными угодьями.

Обеспеченность предприятий необходимыми трудовыми ресурсами, их рациональное использование, высокий уровень производительности труда играют большую роль для повышения объемов продукции и увеличения эффективности производства [5].

Состав и структура численности работников в СХПК «Родина» Мичуринского района Тамбовской области представлена в таблице 2.

Из таблицы 2 следует, что численность работников в СХПК «Родина» в 2020 г. по сравнению с 2016 г. сократилась на 3 чел. или на 3,6%. Количество работников, занятых в с.х. производстве за анализируемый период снизилось на 7 чел. Постоянные рабочие занимают от 42,5-84,6% от общей численности работников по предприятию.

Из них трактористы-машинисты составляют от 25 до 29,5%. Небольшой удельный вес в структуре численности работников составляют рабочие сезонные и временные (3,6-6,3%). Удельный вес служащих колеблется в динамике по годам от 23,5 до 32,5%.

Таблица 2 – Состав и структура численности работников в СХПК «Родина» Мичуринского района Тамбовской области за 2016-2020 гг.

Показатели	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
По с.-х. организации	83	100	78	100	77	100	81	100	80	100
Работники, занятые в с.-х. производстве - всего	68	81,9	69	88,5	65	84,4	64	79,0	61	76,3
в т.ч. рабочие постоянные	39	47,0	66	84,6	37	48,1	41	50,6	34	42,5
Из них трактористы-машинисты	23	27,7	23	29,5	22	28,6	23	28,4	20	25,0
Рабочие сезонные и временные	3	3,6	3	3,8	3	3,9	4	4,9	5	6,3
Служащие	26	31,3	25	32,1	25	32,5	19	23,5	22	27,5
Из них: руководители	5	6,0	5	6,4	5	6,5	5	6,2	6	7,5
специалисты	12	14,5	12	15,4	12	15,6	7	8,6	9	11,3
Работники, занятые в подсобных промышленных предприятиях, промыслах	12	14,5	8	10,3	8	10,4	14	17,3	15	18,8
работники ЖКХ и культурно-бытовых учреждений	3	3,6	-	-	-	-	-	-	2	2,5
Работники торговли и общественного питания	-	-	3	3,8	3	3,9	3	3,7	4	5,0
Работники, занятые на строительстве хозспособом	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Работники, занятые прочими видами деятельности	-	-	1	1,3	1	1,3	-	-	-	-

Особое внимание необходимо уделить анализу структуры основных фондов.

Структура основных фондов – это процентное соотношение их различных групп. В целом по сельскохозяйственным предприятиям России на долю зданий, сооружений, передаточных устройств приходится 42% стоимости основных фондов; машин, оборудования и транспортных средств – 44%; рабочего и продуктивного скота – 8%; многолетних насаждений – 1%; прочих фондов – 5%. За годы аграрной реформы удельный вес активной части основных средств резко возрос, и сократилась доля пассивной части.

Структура основных фондов зависит от специализации предприятий, их удаленности от мест реализации продукции, развития кооперации и инвентаризации процессов, природно-климатических условий, характера и объема выпускаемой продукции, уровня механизации производственных процессов [9]. Изменения структуры основных фондов в динамике показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика состава и структуры основных фондов в СХПК «Родина» Мичуринского района Тамбовской области за 2016-2020 гг.

Показатели	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		Отклонение 2020 г. от 2016 г.	
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%
Здания, сооружения и передаточные устройства	36027	16,2	36027	13,6	40026	14,5	39721	13,4	39621	10,7	3594	110,0
Машины и оборудование	143674	64,5	154784	58,2	152811	55,5	159560	54,0	222031	60,0	78357	154,5
Транспортные средства	11312	5,1	13333	5,0	20647	7,5	21809	7,4	26288	7,1	14976	232,4
Производственный и хозяйственный инвентарь	270	0,1	270	0,1	270	0,1	181	0,1	711	0,2	441	263,3
Многолетние насаждения	166	0,1	166	0,1	166	0,1	-	-	-	-	-	-
Другие виды основных средств	1041	0,5	31132	11,7	31232	11,3	37633	12,7	41144	11,1	40103	39,52 раз
Земельные участки и объекты природопользования	30091	13,5	30091	11,3	30191	11,0	36592	12,4	40103	10,8	10012	133,3
Итого	222581	100	265803	100	275343	100	295496	100	369898	100	147317	46,59

Из таблицы 3 следует, что стоимость основных фондов в СХПК «Родина» в 2020 г. по сравнению с 2016 г. увеличилась на 147317 тыс. руб. или на 46,59%.

Здания, сооружения и передаточные устройства в структуре всех основных фондов занимают от 10,7 до 16,2% – это значительно ниже среднероссийских данных (42%). Машины и оборудование в структуре основных фондов составляют от 54 до 64,5%.

Немаловажную значимость играют оборотные средства, обеспечивающие бесперебойное функционирование процесса производства и реализации продукции и представляющие собой денежные средства, авансированные для создания производственных оборотных фондов и фондов обращения, которые имеют сложную состав и структуру [6].

Таблица 4 – Состав и структура оборотных средств в СХПК «Родина» Мичуринского района Тамбовской области за 2016-2020 гг.

Показатели	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		Отклонение. 2020 г. от 2016 г.	
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%
Производственные запасы	121407	88,2	127380	84,3	142418	70,3	154672	61,6	128184	28,7	6777	105,6
Денежные средства	4395	3,2	7645	5,1	41015	20,3	13621	5,4	68553	15,3	64158	15,6 раз
Налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям	-	-	-	-	-	-	307	0,1	6605	1,5	-	-
Дебиторская задолженность	11920	8,7	16141	10,7	19095	9,4	32545	13,0	35496	7,9	23576	297,8
Финансовые вложения	-	-	-	-	-	-	50095	19,9	80000	17,9	-	-
Всего оборотных средств	137722	100	151166	100	202528	100	251240	100	447022	100	309300	324,6

Данные таблицы 4 свидетельствуют об увеличении стоимости всех оборотных средств в 2020 г. по сравнению с 2016 г. на 309300 тыс. руб. или в 3,2 раза. Наибольший удельный вес в структуре всех оборотных средств занимают производственные запасы, удельный вес которых колеблется от 28,7% в 2020 г. до 88,2% в 2016 г. На долю денежных средств приходится от 3,2 до 20,3%, на долю дебиторской задолженности от 7,9 до 13%. Ее сумма в 2020 г. по сравнению с 2016 г. возросла на 23576 тыс. руб. или в 2,9 раза.

Экономическая эффективность ресурсного потенциала предприятия характеризуется системой показателей по каждому ресурсу, часть из которых представлены в таблице 5.

По данным таблицы 5 видно, что эффективность ресурсного потенциала на предприятии растет. Так стоимость валовой продукции на 100 га с.-х. угодий в 2020 г. по сравнению с 2016 г выросла на 2127,5 тыс. руб. или на 84%, производство товарной продукции, также растет, и в 2020 г. по сравнению с 2016 г. на 2952,47 тыс. руб. или в 2,4 раза. За анализируемый период увеличилось производство зерна и подсолнечника: на 16,83 и 0,43 ц соответственно. Эффективность использования трудовых ресурсов на предприятии также имело тенденцию к росту. Значительно увеличилась стоимость валовой и товарной продукции, как на 1 работника, так и на 1 чел-час, в 2020 г. по сравнению с 2016 г. рост составил 2630,21, 3567,3 и 5,18, 6,33 тыс. руб. соответственно. Размер прибыли, приходящейся на 1 работника, вырос на 1712,69 тыс. руб. или в 3,46 раза.

Продолжительность одного оборота оборотных средств растет из года в год, что является отрицательным моментом в работе предприятия, т.к. средства находятся в обороте предприятия длительное время, и не высвобождаются из него, в 2020 г. этот период составлял 455,05 дня, но, несмотря на это уровень рентабельности оборотных средств находится на достаточно высоком уровне, в 2020 г. он составлял 41,6%. За анализируемый период стоимость валовой и товарной продукции выросла на 140576 и 201994 тыс. руб. или в 1,7 и 2,3

раза соответственно. Размер прибыли в целом по предприятию за 5 лет увеличился на 99594 тыс. руб. или в 3,1 раза при уровне рентабельности 71,13%.

Таблица 5 – Экономическая эффективность ресурсного потенциала СХПК «Родина» Мичуринского района Тамбовской области за 2016-2020 гг.

Показатели	Года	2016	2017	2018	2019	2020	Откл. 2020 г. от 2016 г. (+,-)
Эффективность использования земельных ресурсов							
Произведено на 100 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.:							
валовой продукции		2539,70	2655,21	2900,25	3578,41	4667,20	2127,5
товарной продукции		1995,76	2015,62	3040,25	2881,44	4948,23	2952,5
прибыли (убытка)		623,84	193,20	700,40	883,36	2056,79	1432,9
Произведено на 100 га пашни, ц:							
зерна		20,97	33,02	28,86	32,74	37,80	16,83
подсолнечника		4,30	3,94	4,84	4,94	4,73	0,43
Эффективность использования трудовых ресурсов							
Валовая продукция:							
на 1 работника, тыс. руб.		2838,07	2818,75	3268,35	3930,66	5468,28	2630,2
на 1 чел.- час, тыс. руб.		2,075	2,401	3,934	3,699	7,251	5,17
Товарная продукция:							
на 1 работника, тыс. руб.		2230,24	2139,77	3426,12	3165,08	5797,54	3567,3
на 1 тыс. чел.- час, тыс. руб.		1,631	1,823	4,124	2,979	7,688	6,05
Прибыль, тыс. руб.:							
на 1 работника		697,13	205,10	789,29	970,31	2409,82	1712,7
на 1 тыс. чел.- час.		0,510	0,175	0,950	0,913	3,196	2,68
Эффективность использования материальных ресурсов							
Стоимость товарной продукции, тыс. руб.		151656	147644	222698	202565	353650	201994
Коэффициент оборачиваемости оборотных средств, оборотов в год		1,10	0,98	1,09	0,81	0,79	-0,31
Коэффициент загрузки средств в обороте		0,91	1,02	0,91	1,19	1,21	0,3
Продолжительность одного оборота, дней		326,92	368,59	327,39	446,51	455,05	128,13
Уровень рентабельности оборотных средств, %		31,3	9,6	23,0	30,7	41,6	10,3
Фондоотдача, руб.		0,87	0,73	0,77	0,85	0,90	0,03
Фондоемкость, руб.		1,15	1,37	1,30	1,17	1,11	-0,04
В целом по хозяйству							
Стоимость валовой продукции, тыс. руб.		192989	194494	212443	251562	333565	140576
Стоимость товарной продукции, тыс. руб.		151 656	147 644	222 698	202 565	353 650	201994
Прибыль, тыс. руб.		47 405	14 152	51 304	62 100	146 999	99594
Уровень рентабельности, %		45,47	10,60	29,93	44,21	71,13	25,66

В целом предприятие использует свои ресурсы эффективно, но необходимо отметить, что рост стоимостных показателей связан, как с грамотным производством, так и за счет ежегодных инфляционных процессов [7].

Необходимо отметить, что в аграрном производстве управление и сбалансированное использование ресурсного потенциала является всегда достаточным сложным процессом, зависящий, как от количественного и качественного сочетание земли, труда и средств производства, так и погодных условий, на которые человек никак повлиять не может [2, 3].

Если в промышленном производстве, по какой-либо причине, определенные стадии технологических работ можно перенести или задержать, то в сельском хозяйстве, в отрасли растениеводства любой перенос и задержка агротехнических работ отражается на формировании конечных результатов [8].

Для наиболее эффективного и сбалансирования использования имеющихся ресурсов у предприятия, а также его прогнозирования предлагается использовать экономико-математическую модель по оптимальной производственно-отраслевой структуре [4]. Сущ-

ность которой заключается в нахождении максимальной выгоды (выручки, прибыли) при оптимальных затратах ресурсов (площади отдельных культур, затрат труда, материальных затрат и т.д.).

Для этого необходимо полноценно и подробно изучить объект моделирования и в виде математических уравнений составить модель производства.

Рассмотрим математическую формулировку задачи по оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина», которая показана рисунку 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	ОГРАНИЧЕНИЯ	x1 - оз. пшеница	x2 - оз. рожь	x4 - яр. пшеница	x5 - ячмень	x5 - кукуруза	x6 - горох	x7 - гречиха	x8 - овес	x9 - подсолнечник	x10 пар	ТИП И РАЗМЕР ОГРАНИЧЕНИЯ		ПЛАН
1														
2	ПАШНЯ, ГА	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	5875	0
3	ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ, ЧЕЛ.-ЧАС.	29	29	25	25	22	25	28	23	28		≤	140000	0
4	ГАРАНТИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, Ц/озимая пшеница	55										≥	90000	0
5	озимая рожь		50									≥	5000	0
6	яровая пшеница			50								≥	10000	0
7	ячмень				50							≥	60000	0
8	кукуруза					120						≥	40000	0
9	горох						39					≥	3000	0
10	гречиха							30				≥	500	0
11	овес								54			≥	2000	0
12	подсолнечник									28		≥	11000	0
13	ПЛОЩАДЬ ЗЕРНОВЫХ Max(80%), ГА	1	1	1	1	1	1	1	1			≤	4700	0
14	ПЛОЩАДЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ В ГРУППЕ ЗЕРНОВЫХ Min(50%), ГА	1	1									≤	2350	0
15	ПЛОЩАДЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА Max(20%), ГА									1		≤	1175	0
16	ПЛОЩАДЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА Min(12%), ГА									1		≥	705	0
17	ПАР Min(10%),ГА										1	≥	587,5	0
18	ПАР Max(15%),ГА										1	≤	881,25	0
19	Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	46000	45000	30000	30000	46800	36300	39000	27000	39200				
20	ВЫРУЧКА НА 1 ГА,РУБ	68750	62500	62500	60000	144000	46800	45000	32400	84000	0			
21	ПЛАН ГА	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
22	Всего затрат,тыс. руб.	0												
23	Выручка, тыс. руб. Max	0												
24	Ожидаемая прибыль, тыс.руб.	0												
25	Уровень рентабельности, %	#ДЕЛ/0!												

Рис. 1 – Матрица оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина»

Как видим из рисунка 1 модель оптимальной производственно-отраслевой структуры СХПК «Родина» записана в программе Excel, с помощью встроенного в него модуля «Поиск решения» можно решать такие поставленные задачи. Еще, каких-то лет 10 назад, не говоря о более поздних сроках, решение таких моделей было известно, но было трудоемким.

Используя программу Excel, со встроенным модулем «Поиск решения», нашли оптимальное сочетание затрат ресурсов и получения максимальной выручки (рис.2).

Из рисунка видно, что все условия модели выполнены, при которых по использованию пашни необходимо 90%, трудовые ресурсы в размере 132 тыс.-час из 140, потребуется материальных затрат в размере 215417тыс.руб. При этом модель оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина», что при загрузке всех своих ресурсов предприятие способно получать прибыль до 242036,5 тыс. руб. при благоприятных сложившихся условиях.

Отметим, что составление данной модели на любом предприятии необходимо начинать с обсуждения возможных вариантов плана производства продукции с приблизительной оценкой спроса, производственных возможностей предприятия. При этом во время производственного процесса предварительные данные могут менять и исходная модель соответственно корректироваться [1].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	ОГРАНИЧЕНИЯ	x1 - оз. пшеница	x2-оз. рожь	x4 - яр. пшеница	x5-ячмень	x5-кукуруза	x6-горох	x7-гречиха	x8-овес	x9-подсолнечник	x10 пар	ТИП И РАЗМЕР ОГРАНИЧЕНИЯ	ПЛАН	
1	ПАШНЯ, ГА	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	≤	5875	5875
2	ТРУДОВЫЕ РЕСУРСЫ, ЧЕЛ.-ЧАС.	29	29	25	25	22	25	28	23	28		≤	140000	132277,4
3	ГАРАНТИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, Ц. озимая пшеница	55										≥	90000	90000
4	озимая рожь		50									≥	5000	5000
5	яровая пшеница			50								≥	10000	10000
6	ячмень				50							≥	60000	60000
7	кукуруза					120						≥	40000	157861,1
8	горох						39					≥	3000	3000
9	гречиха							30				≥	500	500
10	овес								54			≥	2000	2000
11	подсолнечник									28		≥	11000	19740
12	ПЛОЩАДЬ ЗЕРНОВЫХ Max(80%), ГА	1	1	1	1	1	1	1	1			≤	4700	4582,5
13	ПЛОЩАДЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ В ГРУППЕ ЗЕРНОВЫХ Min(50%), ГА	1	1									≤	2350	1736,364
14	ПЛОЩАДЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА Max(20%), ГА									1		≤	1175	705
15	ПЛОЩАДЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА Min(12%), ГА									1		≥	705	705
16	ПАР Min(10%),ГА										1	≥	587,5	587,5
17	ПАР Max(15%),ГА										1	≤	881,25	587,5
18	Производственные затраты на 1 га, тыс. руб.	46000	45000	30000	30000	46800	36300	39000	27000	39200				
19	ВЫРУЧКА НА 1 ГА,РУБ	68750	62500	62500	60000	144000	46800	45000	32400	84000	0			
20	ПЛАН ГА	1636,4	100,0	200,0	1200,0	1315,5	76,9	16,7	37,0	705,0	587,5			
21	Всего затрат,тыс. руб.	215416,88												
22	Выручка, тыс. руб. Max	457453,38												
23	Ожидаемая прибыль, тыс.руб.	242036,5												
24	Уровень рентабельности. %	112,4												

Рис. 2 – Матрица решения оптимальной производственно-отраслевой структуре СХПК «Родина»

Таким образом, задача экономического моделирования заключается в оптимизации текущего состояния и перспективного планирования и регулирования хозяйственной деятельности предприятия с учетом созданного прогноза.

Библиография

1. Акиндинов, В.В. Экономико-математическое моделирование в управлении АПК / В.В. Акиндинов, Е.А. Мягкова, Д.А. Кобзева // Актуальные проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельских территорий (III Шаляпинские чтения): Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Мичуринск, 26 ноября 2020 года. – Мичуринск-наукоград РФ: Мичуринский государственный аграрный университет, 2020. – С. 10-14.
2. Акиндинов, В.В. Эконометрический анализ эффективности и прогнозирование использования ресурсного потенциала в аграрном производстве / В.В. Акиндинов, А.В. Курьянов // Современная мировая экономика: проблемы и перспективы в эпоху развития цифровых технологий и биотехнологии : Сборник научных статей по итогам работы второго международного круглого стола, Москва, 15-16 мая 2019 года. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «КОНВЕРТ», 2019. – С. 14-16.
3. Акиндинов, В.В. Моделирование экономических процессов в АПК / В.В. Акиндинов, А.В. Курьянов // Инновационные подходы в науке и образовании: теория, методология, практика : Монография / Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – Пенза : «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – С. 159-180.
4. Анализ ресурсного потенциала на производство сельскохозяйственной продукции в АПК / С.В. Сухарева, Е.В. Ткаченко, Т.В. Дрямова [и др.] // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 463.
5. Курьянов, А.В. Особенности анализа экономической эффективности производства продукции растениеводства / А.В. Курьянов, А.А. Кикоть // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4. – № 1.
6. Курьянов, А.В. Особенности анализа движения денежных потоков в сельскохозяйственных предприятиях / А.В. Курьянов // Продовольственная безопасность в условиях международных санкций : сборник научных трудов. – Мичуринск : Мичуринский государственный аграрный университет, 2017. – С. 237-243.
7. Тарасова, О.Ю. Некоторые проблемы реализации государственной финансовой поддержки агропромышленного комплекса Российской Федерации и направления их нивелирования (на примере Тамбовской области) / О.Ю. Тарасова // Проблемы развития национальной экономики на современном этапе. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 171-180.
8. Тарасова О.Ю. Интеграция науки и производства АПК Тамбовской области: организационно-экономические проблемы / Направления повышения стратегической конкурентоспособности аграрного сектора экономики. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 298-306.
9. Шепелева, Д.Н. Анализ обеспеченности основными фондами и их использование / Д.Н. Шепелева, А.В. Курьянов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : Сборник докладов XIII

Международной научно-практической конференции молодых ученых, Великие Луки, 12-13 апреля 2018 года. – Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 199-203.

References

1. Akindinov, V.V. Economic and mathematical modeling in the management of agriculture / V.V. Akindinov, E.A. Myagkova, D.A. Kobzeva // Actual problems and prospects of development of agriculture and rural territories (III Chaliapin readings) : Materials of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, Michurinsk, November 26, 2020. – Michurinsk-Science City of the Russian Federation: Michurinsk State Agrarian University, 2020. – pp. 10-14.
2. Akindinov, V.V. Econometric analysis of efficiency and forecasting the use of resource potential in agricultural production / V.V. Akindinov, A.V. Kuryanov // Modern world economy: problems and prospects in the era of development of digital technologies and biotechnology : A collection of scientific articles on the results of the second international round table, Moscow, May 15-16, 2019. – Moscow : Limited Liability Company "ENVELOPE", 2019. – pp. 14-16.
3. Akindinov, V.V. Modeling of economic processes in agriculture / V.V. Akindinov, A.V. Kuryanov // Innovative approaches in science and education: theory, methodology, practice : Monograph / Under the general editorship of G.Y. Gulyaev. – Penza : "Science and Education" (IP Gulyaev G.Yu.), 2017. – pp. 159-180.
4. Analysis of the resource potential for agricultural production in the agro-industrial complex / S.V. Sukhareva, E.V. Tkachenko, T.V. Dryamova [et al.] // Science and Education. – 2019. – Vol. 2. – No. 2. – p. 463.
5. Kuryanov, A.V. Features of the analysis of the economic efficiency of crop production / A.V. Kuryanov, A.A. Kikot // Science and Education. – 2021. – Vol. 4. – No. 1.
6. Kuryanov, A.V. Features of the analysis of cash flows in agricultural enterprises / A.V. Kuryanov // Food security under international sanctions: a collection of scientific papers. - Michurinsk : Michurinsk State Agrarian University, 2017. – pp. 237-243.
7. Tarasova, O.Yu. Some problems of the implementation of state financial support for the agro-industrial complex of the Russian Federation and the direction of their leveling (on the example of the Tambov region) / O.Yu. Tarasova // Problems of the development of the national economy at the present stage. Materials of the International Scientific and Practical Conference. 2018. pp. 171-180.
8. Tarasova O.Yu. Integration of science and production of the agro-industrial complex of the Tambov region: organizational and economic problems / Directions of increasing the strategic competitiveness of the agricultural sector of the economy. Materials of the International Scientific and Practical Conference. 2018. pp. 298-306.
9. Shepeleva, D.N. Analysis of the provision of fixed assets and their use / D.N. Shepeleva, A.V. Kuryanov // Scientific and technological progress in agricultural production : Collection of reports of the XIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Velikiye Luki, April 12-13, 2018. - Velikiye Luki: Velikiye Luki State Agricultural Academy, 2018. – pp. 199-203.

Сведения об авторах

Акиндинов Валерий Викторович, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и бухгалтерского учета, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ул. Интернациональная, д.101, г. Мичуринск, Тамбовская область, Россия, 393740, тел.+7 906 659-82-28

Курьянов Алексей Владимирович, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и бухгалтерского учета, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ул. Интернациональная, д.101, г. Мичуринск, Тамбовская область, Россия, 393740, тел +7 906 597-82-10

Information about authors

Akindinov Valery Viktorovich, candidate of economic sciences, associate professor of finance and accounting department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Michurinsky State Agricultural University», 101 Internatsionalnaya str., Michurinsk, Tambov region, Russia, 393740, tel.+7 906 659-82-28, e-mail: t34ert@mail.ru

Kuryanov Alexey Vladimirovich, candidate of economic sciences, associate professor of finance and accounting department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Michurinsky State Agricultural University», 101 Internatsionalnaya str., Michurinsk, Tambov region, Russia, 393740, tel +7 906 597-82-10

УДК 330.43

В.В. Акиндинов, А.С. Лосева

МНОГОФАКТОРНЫЙ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. В данной статье рассматриваются теоретические и практические аспекты многофакторного эконометрического анализа в сельском хозяйстве, как важнейшего инструмента, регулирования эффективности в сельском хозяйстве, синтезирующего результаты использования всех ресурсов организации. Расширено представление о применении эконометрических моделей в сельском хозяйстве, позволяющих обеспечить регулирование эффективности и направления вектора для наилучшего развития аграрного производства. Обоснована роль эконометрического анализа в сельскохозяйственном производстве, что способствует принятию обоснованных управленческих решений для достижения поставленных организацией целей и задач. Сформулированы внутренние и внешние факторы, оказывающие непосредственное влияние на результаты хозяйственной деятельности.

Предлагается в анализе сельского хозяйства использовать модель Кобба-Дугласа, особенностью которой является, что каждый из факторов данной модели является необходимым для существования результата, и отсутствие даже одного ресурса показывает, что производство продукции будет равно нулю, то есть производство допустимо только при общем наличии ресурсов. Также, показан пример использования системы взаимосвязанных уравнений, которая наиболее приближенно открывает реальную структуру экономических отношений и процессов. Ведь реально так называемые результативные признаки не изолированы, а взаимосвязаны друг с другом.

С помощью данных моделей проведена оценка влияния обеспеченности, состояния и затрат ресурсов на производство зерна и анализ системы взаимосвязанных моделей себестоимости и прибыли.

Проведен анализ полученных эконометрических моделей по одному из действующих хозяйств Мичуринского района Тамбовской области. Обоснована целесообразность дополнительного роста затрат ресурсов для увеличения производства зерновых культур. На основе взаимосвязанных моделей сформулированы направления для снижения себестоимости и роста прибыли по зерновым культурам.

Ключевые слова: затраты, прибыль, себестоимость продукции, модель Кобба-Дугласа, система взаимосвязанных уравнений, корреляционный и регрессионный анализ.

MULTIFACTORIAL ECONOMETRIC ANALYSIS IN AGRICULTURE

Abstract. This article discusses the theoretical and practical aspects of multifactorial econometric analysis in agriculture as the most important tool for regulating efficiency in agriculture, synthesizing the results of using all the resources of the organization. The idea of the application of econometric models in agriculture has been expanded, allowing for the regulation of efficiency and the direction of the vector for the best development of agricultural production. The role of econometric analysis in agricultural production is substantiated, which contributes to the adoption of sound management decisions to achieve the goals and objectives set by the organization. The internal and external factors that have a direct impact on the results of economic activity are formulated.

It is proposed to use the Cobb-Douglas model in the analysis of agriculture, the peculiarity of which is that each of the factors of this model is necessary for the existence of the result, and the absence of even one resource shows that production will be zero, that is, production is permissible only with the general availability of resources. Also, an example of using a system of interdependent equations is shown, which most approximately reveals the real structure of economic relations and processes. After all, the so-called effective signs are not really isolated, but interconnected with each other.

With the help of these models, an assessment of the impact of security, condition and resource costs on grain production and an analysis of the system of interrelated cost and profit models was carried out.

The analysis of the obtained econometric models for one of the operating farms of the Michurinsky district of the Tambov region is carried out. The expediency of an additional increase in resource costs to increase the production of grain crops is justified. On the basis of interrelated models, directions for cost reduction and profit growth for grain crops are formulated.

Keywords: cost, crop production cost of production, yield, factor analysis, correlation and regression analysis.

Одной из важнейших задач таких наук, как статистика, эконометрика является научно-практическое объяснение объективно существующих связей между экономическими явлениями и процессами, и их количественное измерение.

В эконометрике различают следующие варианты зависимостей, как парная (отражает связь между двумя признаками) и множественная (исследует зависимость результативного признака от нескольких факторных признаков) корреляция.

В настоящее время все больше и больше эконометрические модели взаимосвязи, построенные на основе корреляционно-регрессионного анализа, находят широкое применение в анализе сельскохозяйственного производства.

Цель эконометрического анализа это:

- установление основных факторов, влияющих на вариацию результативного признака на основе рассчитанных парных коэффициентов корреляции;
- оценка эффективности использования ресурсов, т.е. факторов производства, включенных в корреляционно-регрессионную модель;
- прогнозирование уровня результативного признака путем подстановки ожидаемых или планируемых уровней факторных признаков в уравнение регрессии.

В большинстве случаев исследования ограничиваются расчётами простого или многофакторного уравнения, или учитывалась и измерялась связь одного результативного признака со многими факторами, в свою очередь, связанными друг с другом.

С научной и практической точки зрения анализ с помощью многофакторного уравнения регрессии наиболее ценно, так как оно охватывает одновременно ряд факторов, влияющих на результативный признак.

Эконометрический анализ в сельском хозяйстве занимает особое место. Так эффективность и масштаб аграрного, как и любого другого производства непосредственно зависит от обоснованного применения и расходования своих ресурсов. Аграрное производство является круглый год довольно непростым процессом, зависящий, как от количественного и качественного сочетание земли, труда и средств производства, так и погодных условий, на которые человек никак повлиять не может [8].

Стратегически важно для любого предприятия сбалансированность своих ресурсов в производстве [6, 7]. Общеизвестно, что в подразделении растениеводства на производство продукции воздействие оказывают, как внешние (природно-климатические условия), так и внутренние (технология культивирования культур, качество семенного материала, выбор минеральных удобрений и средств защиты растений, и т.д.) факторы [5]. Внутренние факторы лежат в основе мероприятий. Сочетание материальных, трудовых и денежных ресурсов (факторы) в процессе производства может быть самым различным, т.е. от ресурсообеспеченности зависит уровень производства, урожайность, производительность труда и т.д. [3, 9].

Эконометрический анализ в сельском хозяйстве предлагает использовать модель Кобба-Дугласа для оценки влияния обеспеченности, состояния и затрат ресурсов на производство:

$$Y = a_0 x_1^{a_1} * x_2^{a_2} * \dots * x_n^{a_n} \text{ где } X_j, j= 1,2,\dots,n \text{ -ресурсы.}$$

Переменные при x_j , $j=1,2,\dots,n$ являются коэффициентами эластичности.

При этом каждый из факторов данной модели является необходимым для существования результата, и отсутствие даже одного ресурса показывает, что производство продукции будет равно нулю, то есть производство допустимо только при общем наличии ресурсов [1, 2]. Ниже на основе действующего хозяйства Мичуринского района Тамбовской области приведен пример ее использования.

В качестве факторов были выбраны следующие переменные, которые показаны в таблице 1.

В результате статистической обработки получена следующая модель:

$$y = 0,03 * x_1^{0,1} * x_2^{0,035} * x_3^{1,4} * x_4^{0,47}$$

Таблица 1 – Исходные данные для построения модели Кобба-Дугласа

Годы	Затраты труда на 1 га зерновых, чел.-час	Обеспеченность зерноубор. комбайнов на 1га посевной площади, шт.	Посевная площадь, га	Производственные затраты на 1га посевов зерновых, руб.,	Валовой сбор зерна, ц
	Переменные факторы				Результативный признак
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	У
2010 г	2,8	0,0028	3 550	12 669,58	95 850
2011 г	3,3	0,0028	3 910	13 724,55	122 383
2012 г	3	0,003	3 708	18 558,79	111 240
2013 г	4,94	0,0028	4 048	13 405,63	131 964,8
2014 г	5,1	0,0028	3 905	21 658,64	157 098,2
2015 г	5,7	0,0037	3 480	23 683,05	142 332
2016 г	5	0,0033	3 572	25 199,05	132 878,4
2017 г	8,1	0,0028	4 281	32 020,79	209 769
2018 г	7,6	0,0031	3 912	29 284,8	176 396
2019 г	6,97	0,0019	4 306	33 428,94	193 456
2020 г	4,97	0,0023	3 856	39 100	222 074

Коэффициенты эластичности при переменных x_1, x_2, x_3, x_4 с точки зрения экономики интерпретируются следующим заключения:

- (x_1) рост затрат труда на 1га посевной площади по зерновым культур на 1%, должен привести к увеличению валового сбора зерновых культур на 0,1%;
- (x_2) при увеличении обеспеченности зерноуборочных комбайнов на 1%, валовой сбор зерна вырастит на 0,035%;
- (x_3) расширение посева зерновых на 1%, при благополучных сложившихся условий труда, сопровождается ростом объема урожая на 1,4%;
- (x_4) грамотное увеличение производственных затрат на 1га посевной площади по зерновым культур на 1% (удобрения, пестициды и т.д.), должно привести к увеличению валового сбора зерновых культур на 0,47%.

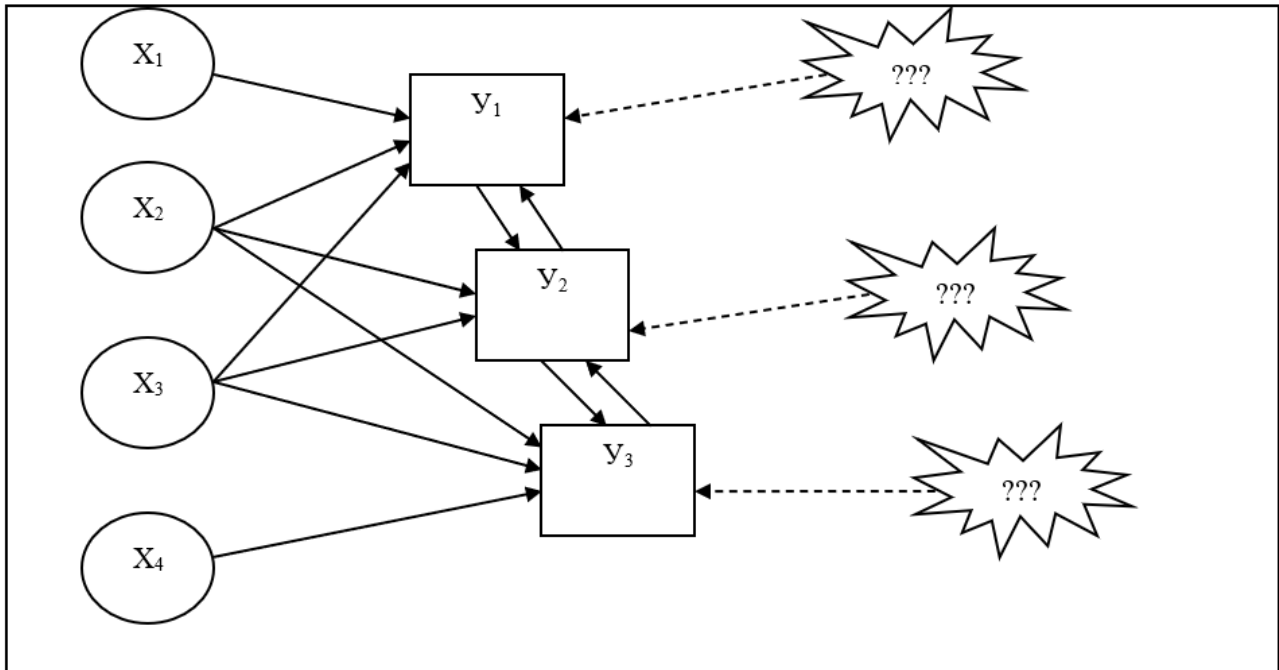
При анализе производства можно использовать систему взаимосвязанных уравнений, которая наиболее приближенно открывает реальную структуру экономических отношений и процессов [11]. Ведь реально так называемые результативные признаки не изолированы, а взаимосвязаны друг с другом.

В некоторых взаимоотношениях в определенном процессе каждый из них может выступать, как результативный фактора, а в других отношениях этот же самый фактор является переменным признаком. В частности, урожайность выступает результативным фактором по отношению к условиям производства сельскохозяйственной культуры: качеству почвенного слоя, количеству осадков, дозе вносимых удобрений и т.п. А уже в взаимоотношении к себестоимости 1 ц продукции фактор урожайность наряду с другими факторами: производственными расходами (удобрения, ГСМ и т.д.), затратами труда на единицу продукции выступает, как переменный фактор. Такие разноплановые эконометрические модели не рекомендуется решать отдельно. В данном случае желателен системный подход к анализу взаимосвязанных показателей [10].

Так, при эконометрическом анализе урожайности, себестоимости и рентабельности, рекомендовано решать такие модели в увязке друг с другом.

На рисунке 1, приведен пример, наглядно показывающий направление влияния вариации признака-причины к признаку-следствию в виде стрелки. Признаки, играющие в системе только роль фактора (причины), принято называть экзогенными (внешними), а признаки, играющие и роль фактора, и роль зависимой переменной, — эндогенными (внутренними).

Первые обозначаются буквой X с соответствующим номером, а вторые — буквой Y с соответствующим номером (рис. 1).



X_1, X_2, X_3, X_4 - экзогенные факторы;
 Y_1, Y_2, Y_3 - эндогенные факторы;
 * - неизвестные факторы

Рис. 1 – Система взаимосвязей факторов

На результирующий признак y_1 влияют экзогенные факторы $x_1; x_2; x_3$, а также эндогенный признак y_2 . На y_2 , в свою очередь, влияют экзогенные переменные $x_2; x_3$, а также эндогенные признаки y_1 и y_3 . На y_3 влияют экзогенные факторы $x_2; x_3; x_4$, а также эндогенный признак y_2 . Кроме того, на каждый эндогенный признак влияет ряд неизвестных факторов, изображенных в виде «облачка». Такая система взаимосвязей может быть записана в форме структурных эконометрических уравнений:

$$y_1 = a_1 + \epsilon_{11}x_1 + \epsilon_{12}x_2 + \epsilon_{13}x_3 + c_{12}y_2; (1)$$

$$y_2 = a_2 + \epsilon_{22}x_2 + \epsilon_{23}x_3 + c_{21}y_1 + c_{23}y_3; (2)$$

$$y_3 = a_3 + \epsilon_{32}x_2 + \epsilon_{33}x_3 + \epsilon_{34}x_4 + c_{32}y_2; (3)$$

Первый номер (цифра) при коэффициентах регрессии – это номер уравнения или эндогенной переменной, стоящей в левой части уравнения, а вторая цифра – это номер фактора. Коэффициенты при экзогенных переменных обозначены ϵ , а при эндогенных переменных – c . Задачей исследования системы уравнений является определение оценок параметров уравнений на основе исходных данных обо всех признаках по совокупности (выборке) предприятий, фирм, регионов и других экономических объектов, которые (оценки) были бы надежными, несмещенными и состоятельными [4].

Практически ее применение покажем на основе действующего хозяйства Мичуринского района Тамбовской области взаимосвязанные модели: себестоимости и прибыли. В качестве факторов были выбраны следующие переменные, которые показаны в таблице 2 и взаимосвязь факторов наглядно изображена на рисунке 2.

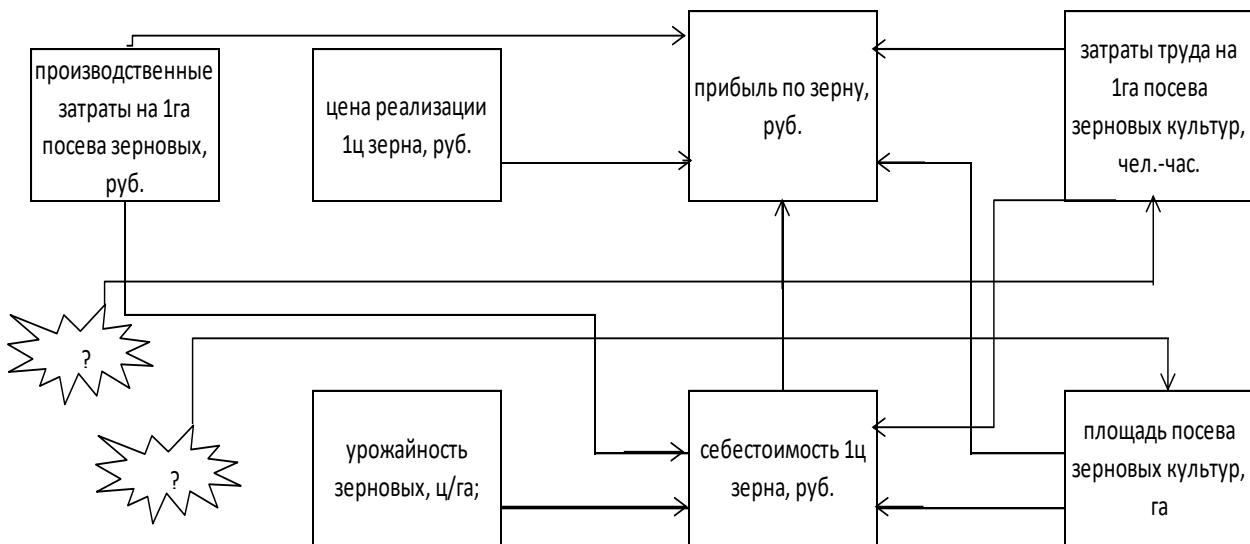


Рис. 2 – Система связей отобранных экзогенных и эндогенных признаков

Таблица 2 – Исходные данные для построения взаимосвязанных моделей

годы	Прибыль по зерну, руб.	Себестоимость 1ц зерна, руб.	Цена реализации 1ц зерна, руб.	Производственные затраты на 1га посева зерновых, руб.	Урожайность зерновых, ц/га;	Площадь посева зерновых культур, га;	Затраты труда на 1га посева зерновых культур, чел.-час.;	Себестоимость 1ц зерна (теоретическая), руб.
	Y ₁	Y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y _t
2010	1 482 000	469,24	507,5	12 669,58	27	3 450	2,8	494,95
2011	11 675 000	438,48	556,9	13 724,55	31,3	3 910	3,3	440,05
2012	29 009 000	618,63	708,0	18 558,79	30	3 708	3	598,55
2013	8 447 000	411,22	608,0	13 405,63	32,6	4 048	4,94	416,27
2014	15 426 000	538,37	655,3	21 658,64	40,23	3 905	5,1	513,89
2015	57 967 000	579,05	805,9	23 683,05	40,9	3 480	5,7	576,56
2016	26 454 000	677,39	885,3	25 199,05	37,2	3 572	5	673,42
2017	378 000	653,49	725,6	32 020,79	49	4 281	8,1	651,97
2018	35 669 000	649,46	880,8	29 284,8	45,09	3 912	7,6	654,83
2019	46 933 000	744,07	994,4	33 428,94	44,93	4 306	6,97	751,45
2020	99 262 000	678,92	1130,2	39 100	57,59	3 856	4,97	686,37

На основе рисунка 2 составим структурные уравнения:

$$Y_1 = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + btyt \quad (1),$$

$$Y_2 = a + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 \quad (2).$$

Уравнение (2) не содержит в правой части эндогенных переменных, следовательно, его можно решать обычным МНК.

В результате получим:

$$Y_2 = -607,792 + 0,024x_2 - 17,58x_3 + 4,11x_5.$$

В уравнение вошли три переменных x₂, x₃, x₅, а x₄ в данном случае оказался статистически не значим и был исключен.

Проверяем надежность параметров: уравнение в целом надежно: F – критерий равен 111,45; коэффициент множественной детерминации равен 98,96. Модель себестоимости 1 ц зерна вполне надежна.

В уравнении (1) в его правой части есть эндогенная переменная Y_1 , если в результате решения этого уравнения использовать фактические значения Y_{1i} , то на Y_1 станут влиять и неизвестные факторы Y_1 . Эту опасность мы обошли, используя рекуррентность системы, мы уже решили второе уравнение и по нему вычислили расчетные значения себестоимости 1 ц зерна Y_t (столбец зависящие только от вариации x_2, x_3, x_5).

В результате решения получили следующую модель:

$$Y_1 = -3331651 + 316792,5x_1 + 5206763x_3 + 4571403x_4 - 26195,2x_5 - 368978Y_2$$

Проверяем надежность параметров: F – Критерий равен 24,76; коэффициент множественной детерминации равен 98,6. Модель прибыли надежна.

Знаки коэффициентов регрессии соответствуют экономической сущности связей: чем больше себестоимость (Y^1) – тем прибыль ниже, чем выше урожайность (x_3) и цена продукции (x_1), тем прибыль больше. Вся система взаимосвязанных моделей решена.

Необходимо отметить, что построение корреляционно-регрессионных моделей не позволяет полной мере раскрыть все причинно-следственные связи. В этой связи, безусловно абсолютизировать эконометрические модели нельзя, как и не следует от их использования отказываться в анализе сельскохозяйственного производства. Таким образом, главная задача применения таких моделей – это анализ использования ресурсов предприятия и возможность всецело показать наилучший вектор направления повышения эффективности своего производства.

Библиография

1. Акиндинов, В.В. Анализ урожайности продукции как инструмент повышения эффективности сельскохозяйственного производства / В.В. Акиндинов, А.В. Курьянов // Сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета : в 4 т. – Мичуринск : Мичуринский государственный аграрный университет, 2016. – С. 11-14.
2. Акиндинов, В.В. Эконометрический анализ эффективности и прогнозирование использования ресурсного потенциала в аграрном производстве / В.В. Акиндинов, А.В. Курьянов // Современная мировая экономика: проблемы и перспективы в эпоху развития цифровых технологий и биотехнологии : Сборник научных статей по итогам работы второго международного круглого стола, Москва, 15-16 мая 2019 года. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "КОНВЕРТ", 2019. – С. 14-16.
3. Акиндинов, В.В. Эконометрический анализ в успешном управлении сельскохозяйственным предприятием / В.В. Акиндинов // Устойчивое развитие экономики региона (II Шаляпинские чтения) : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Мичуринск-научоград РФ, 18-19 декабря 2019 года / под ред. Н.В. Карамновой. – Мичуринск-научоград РФ: Мичуринский государственный аграрный университет, 2019. – С. 9-12.
4. Акиндинов, В.В. Особенности эконометрического анализа функционирования сельскохозяйственных организаций / В.В. Акиндинов, А.С. Лосева // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4. – № 3.
5. Анализ ресурсного потенциала на производство сельскохозяйственной продукции в АПК / С.В. Сухарева, Е.В. Ткаченко, Т.В. Дрямова [и др.] // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 463.
6. Карайчев А.С. Разработка стратегии развития зернового производства/ А.С. Карайчев // Теория и практика мировой науки. - 2017. - № 9. - С. 80-82.
7. Климентова, Э.А. Эффективность управления сельскохозяйственной организацией / Э.А. Климентова, А.А. Дубовицкий // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса арктических территорий: Научно-практическая конференция с международным участием «Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса арктических территорий», посвященная 70-летию доктора ветеринарных наук, профессора, Заслуженного деятеля науки Республики Саха (Якутия) Павловой Александры Иннокентьевны, Якутск, 10 ноября 2020 года. – Якутск: Дани-Алмас, 2021. – С. 411-415.
8. Коростелева, С.А. Кризис трудовых ресурсов сельского хозяйства Тамбовской области / С.А. Коростелева, О.С. Семенова, В.В. Акиндинов // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 225.
9. Пискунов, А.И. Теоретические аспекты планирования ресурсного обеспечения функционирования сельскохозяйственных предприятий / А.И. Пискунов. – Пермь : Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний, 2020. – 43 с. – ISBN 978-5-907165-67-0.
10. Потапов, А.П. Моделирование влияния ресурсных факторов на выпуск продукции аграрного произ-

водства / А.П. Потапов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2020. – Т. 13. – № 4. – С. 154-168. – DOI 10.15838/esc.2020.4.70.9.

11. Смагин, Б.И. Эффективность использования производственного потенциала аграрной сферы производства / Б.И. Смагин // Проблемы теории и практики управления развитием социально-экономических систем: Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции, Махачкала, 26-27 мая 2021 года. – Махачкала: ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2021. – С. 231-236.

References

1. Akindinov, V.V. Product yield analysis as a tool for improving the efficiency of agricultural production / V.V. Akindinov, A.V. Kuryanov // Collection of scientific papers dedicated to the 85th anniversary of Michurinsk State Agrarian University : in 4 vols.. – Michurinsk : Michurinsk State Agrarian University, 2016. – pp. 11-14.

2. Akindinov, V.V. Econometric analysis of efficiency and forecasting the use of resource potential in agricultural production / V.V. Akindinov, A.V. Kuryanov // Modern world economy: problems and prospects in the era of development of digital technologies and biotechnology : A collection of scientific articles on the results of the second international round table, Moscow, May 15-16, 2019. – Moscow : Limited Liability Company "ENVELOPE", 2019. – pp. 14-16.

3. Akindinov, V.V. Econometric analysis in the successful management of an agricultural enterprise / V.V. Akindinov // Sustainable development of the economy of the region (II Chaliapin readings) : Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Michurinsk-naukograd RF, December 18-19, 2019 / edited by N.V. Karamnova. – Michurinsk-Science City of the Russian Federation: Michurinsk State Agrarian University, 2019. – pp. 9-12.

4. Akindinov, V.V. Features of econometric analysis of the functioning of agricultural organizations / V.V. Akindinov, A.S. Loseva // Science and Education. – 2021. – Vol. 4. – No. 3.

5. Analysis of the resource potential for the production of agricultural products in the agro-industrial complex / S.V. Sukhareva, E.V. Tkachenko, T.V. Dryamova [et al.] // Science and Education. – 2019. – Vol. 2. – No. 2. – p. 463.

6. Karachev A.S. Development of a strategy for the development of grain production/ A.S. Karachev // Theory and practice of world science. – 2017. – No. 9. – pp. 80-82.

7. Klimentova, E.A. Efficiency of management of an agricultural organization / E.A. Klimentova, A.A. Dubovitsky // Scientific and educational environment as the basis for the development of the agro-industrial complex of the Arctic territories: Scientific and practical conference with international participation "Scientific and educational environment as the basis for the development of the agro-industrial complex of the Arctic territories", dedicated to the 70th anniversary of Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Honored Scientist of the Republic of Sakha (Yakutia) Pavlova Alexandra Innokentievna, Yakutsk, November 10, 2020. – Yakutsk : Dani-Almas, 2021. – pp. 411-415.

8. Korosteleva, S.A. The crisis of labor resources of agriculture of the Tambov region / S.A. Korosteleva, O.S. Semenova, V.V. Akindinov // Science and Education. – 2020. – Vol. 3. – No. 2. – p. 225.

9. Piskunov, A.I. Theoretical aspects of resource planning for the functioning of agricultural enterprises / A.I. Piskunov. – Perm : Perm Institute of the Federal Penitentiary Service, 2020. – 43 p. – ISBN 978-5-907165-67-0.

10. Potapov, A.P. Modeling of the influence of resource factors on the output of agricultural production / A.P. Potapov // Economic and social changes: facts, trends, forecast. – 2020. – Vol. 13. – No. 4. – pp. 154-168. - DOI 10.15838/esc.2020.4.70.9.

11. Smagin, B.I. Efficiency of using the production potential of the agrarian sphere of production / B.I. Smagin // Problems of theory and practice of managing the development of socio-economic systems: Materials of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conference, Makhachkala, May 26-27, 2021. – Makhachkala : DAGESTAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY, 2021. – pp. 231-236.

Сведения об авторах

Акиндинов Валерий Викторович, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и бухгалтерского учета, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ул. Интернациональная, д.101, г. Мичуринск, Тамбовская область, Россия, 393740, тел.+7 906 659-82-28

Лосева Алла Сергеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и бухгалтерского учета, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ул. Интернациональная, д.101, г. Мичуринск, Тамбовская область, Россия, 393740, тел +7 953 122-81-12

Information about authors

Akindinov Valery Viktorovich, candidate of economic sciences, associate professor of finance and accounting department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Michurinsky State Agricultural University», 101 Internatsionalnaya str., Michurinsk, Tambov region, Russia, 393740, tel.+7 906 659-82-28, e-mail: t34ert@mail.ru

Loseva Alla Sergeevna, candidate of economic sciences, associate professor of finance and accounting department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Michurinsky State Agricultural University», 101 Internatsionalnaya str., Michurinsk, Tambov region, Russia, 393740, tel +7 953 122-81-12

УДК 336.663

Д.И. Жилияков

АНАЛИЗ СОБСТВЕННЫХ ОБОРОТНЫХ СРЕДСТВ В ОЦЕНКЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Аннотация. В статье с помощью изучения динамики основных балансовых показателей проведена оценка финансовой устойчивости сельскохозяйственных предприятий Курской области за 2016-2020 годы. Исследована динамика собственного капитала, оборотных и внеоборотных активов, доходов будущих периодов, собственных оборотных средств. Установлено, что увеличение объемов собственного капитала отстает от динамики увеличения как внеоборотных, так и оборотных активов, и в результате аграрные предприятия ввиду отсутствия или недостатка собственных оборотных средств используют заемные источники. Размер долгосрочных заемных средств превышает недостаток собственных оборотных средств, что формирует положительное значение собственных и долгосрочных источников формирования запасов.

Сопоставление собственных оборотных средств и иных источников финансирования с величиной запасов позволило установить, что расширение производственной деятельности сельскохозяйственных организаций сопровождалось ростом величины запасов, но при этом отрицательное значение собственных оборотных средств возрастало более высокими темпами, что стабильно увеличивало недостаток собственных оборотных средств. Сделан вывод, что в 2016-2018 годах в сельскохозяйственной отрасли Курской области отмечается неустойчивое финансовое состояние, характеризующееся нарушенной платежеспособностью, при наличии возможности восстановления равновесия пополнением источников собственных средств. В 2019-2020 годах отмечается нормальная финансовая устойчивость, гарантирующая платежеспособность. Определены причины сложившейся ситуации, заключающиеся в активном использовании в аграрной политике методов государственной поддержки, компенсирующих уплаченные сельскохозяйственными предприятиями проценты по привлеченным кредитам.

Определены перспективные направления совершенствования методов государственного регулирования, чтобы при сокращении поддержки или ее отсутствии сельскохозяйственная отрасль продолжала функционирование и развитие.

Ключевые слова: АПК, финансовая устойчивость, региональная экономика, Курская область, собственные оборотные средства, инвестиции.

ANALYSIS OF OWN WORKING ASSETS IN ASSESSING THE FINANCIAL STABILITY OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS

Abstract. In the article, using the study of the dynamics of the main balance indicators, an assessment of the financial stability of agricultural enterprises in the Kursk region for 2016-2020 was carried out. The dynamics of own capital, current and non-current assets, deferred income, own working capital has been studied. It has been established that the increase in the volume of equity capital lags behind the dynamics of the increase in both non-current and current assets, and as a result, agricultural enterprises, due to the lack or lack of their own working capital, use borrowed sources. The amount of long-term borrowed funds exceeds the lack of own working capital, which creates a positive value of own and long-term sources of reserves formation.

Comparison of own working capital and other sources of financing with the amount of stocks made it possible to establish that the expansion of the production activities of agricultural organizations was accompanied by an increase in the amount of stocks, but at the same time, the negative value of own working capital increased at a higher rate, which steadily increased the lack of own working capital. It is concluded that in 2016-2018 in the agricultural sector of the Kursk region there is an unstable financial condition, characterized by impaired solvency, with the possibility of restoring the balance by replenishing sources of own funds. In 2019-2020, normal financial stability is noted, which guarantees solvency. The reasons for the current situation are determined, which consist in the active use of state support methods in agrarian policy that compensate for the interest paid by agricultural enterprises on attracted loans. Promising directions for improving state regulation methods have been identified so that, with a reduction in support or its absence, the agricultural industry continues to function and develop.

Keywords: AIC, financial stability, regional economy, Kursk region, own working capital, investments.

Введение.

Динамичное развитие сельского хозяйства Курской области подтверждается тем, что в 2020 году стоимость валовой продукции в фактических ценах составила 164,5 млрд. руб., что на 5,6% больше уровня 2019 года. По данному показателю регион занимает 11 место в Российской Федерации и 4-е в ЦФО. В структуре производства сельскохозяйственной про-

дукции региона традиционно преобладает растениеводство, где произведено продукции на сумму 102,7 млрд. руб., в то время как в животноводстве – 61,8 млрд. руб.

Вместе с тем развитие отрасли зачастую формирует ряд проблем, связанных с переработкой, хранением и реализацией продукции, возрастающей конкуренцией на рынке, а также обеспечением финансовой устойчивости организаций.

Материал и методика исследования.

Исследование выполнено на основании отчетных данных сельскохозяйственных предприятий Курской области за 2016-2020 годы с помощью изучения динамики основных балансовых показателей [5, 7]. В исследовании использовались сводная информация организаций. Обобщение отраслевых данных по совокупности аграрных предприятий обладает определенными недостатками, состоящими в том, что усреднение показателей не дает возможности оценить динамику финансовой устойчивости в разрезе конкретных организаций. Но при этом данный анализ позволяет охарактеризовать общие отраслевые тенденции, определить перспективы развития и необходимость оптимизации аграрной политики в целях корректировки данных направлений и обеспечения стабильного долгосрочного роста сельскохозяйственной отрасли.

Результаты исследования.

Обеспечение финансовой устойчивости необходимо для свободного маневрирования денежными средствами и эффективного их использования в процессе текущей (операционной) деятельности. Одним из показателей, определяющим уровень платежеспособности и финансовой устойчивости, является показатель наличия и размера собственных оборотных средств. Собственный оборотный капитал или собственные оборотные средства – это характеристика ресурсов фирмы, показывающая какая часть собственного капитала в денежных единицах идет на финансирование оборотных активов.

По мнению И.А. Бланка [2] необходимо различать понятия «собственные оборотные средства» и «чистые оборотные средства», т.к. первые характеризуют ту часть оборотных средств, которая сформирована за счет собственного капитала, а вторые – сформированную за счет собственного и долгосрочного заемного капитала. В.В. Ковалев считает [6], что термин «собственные оборотные средства» является аналогом показателя чистого оборотного капитала, который определяется как разность между величиной оборотных активов и краткосрочных обязательств.

В отечественной и международной аналитической практике наиболее распространен подход к определению величины собственного оборотного капитала как разницы между собственным капиталом и стоимостью внеоборотных активов, а чистого оборотного капитала – как разницы между стоимостью текущих активов и текущих обязательств [10].

На динамику внеоборотных активов основополагающее влияние оказывают инвестиции в основной капитал, представленные в таблице 1 в разрезе муниципальных районов Курской области.

По динамике инвестиций в разрезе районов резко выделяется Октябрьский район с общей суммой инвестиций 42 765,5 млн. рублей в течение анализируемого периода, что связано со строительством одной из крупнейших в Европе мега-хладобойни ООО «Агропромкомплектация-Курск». Кроме этого, анализ таблицы позволяет сделать вывод о неравномерном распределении инвестиций в основной капитал, т.к. всего на пять наиболее инвестиционно-привлекательных районов (Октябрьский, Курский, Коньшевский, Железногорский и Фатежский) приходится более половины (53%) всех инвестиций.

Также на общем фоне выделяются районы с низким объемом инвестиций, отражающим их низкий инвестиционный потенциал (Тимский (503,9 млн. рублей), Львовский (888 млн. рублей), Черемисиновский (986,5 млн. рублей)).

Таблица 1 – Динамика инвестиций в основной капитал (внеоборотные активы организаций) в разрезе районов Курской области, млн. рублей

Наименование района	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	В целом за период
Беловский	979,6	972,8	1809,2	1352,5	606,8	5720,9
Большесолдатский	349,3	1030,9	683,5	662,4	598	3324,1
Глушковский	629,6	727,3	729,9	988,9	933	4008,7
Горшеченский	339	622,1	259,3	587,5	500,3	2308,2
Дмитриевский	3624,6	652,8	488,8	2119,8	2751,3	9637,3
Железногорский	4272,8	1653,6	2501,4	2394,2	3685,6	14507,6
Золотухинский	1090,6	1352,3	1710,6	2446,9	807,1	7407,5
Касторенский	615,4	570,6	703	820,1	626,5	3335,6
Коньшевский	6093,6	3321,5	3534,2	1456,3	376,5	14782,1
Кореневский	292	731,2	505,7	1583,9	1460,2	4573
Курский	1841,9	2616,8	2088,9	4503,8	5852,8	16904,2
Курчатовский	85,6	537,8	360,7	668,1	489,3	2141,5
Льговский	182,9	284,7	82,2	170,6	167,6	888
Мантуровский	306,6	2017,7	1386,4	508	959,4	5178,1
Медвенский	613	1210,4	489,9	552,8	689,7	3555,8
Обоянский	846,4	691,9	604,7	594,6	542,7	3280,3
Октябрьский	84,4	776,5	2975,1	13919,6	25009,9	42765,5
Поныровский	47,1	156,6	240,6	290,2	600,5	1335
Пристенский	387	1233	3824,9	1567,7	381,1	7393,7
Рыльский	622,9	547	2062,6	2432,2	881,2	6545,9
Советский	969,6	1588,9	762,2	562,6	544,5	4427,8
Солнцевский	302,7	281,5	314,4	179,1	290,1	1367,8
Суджанский	1582,2	2779,5	858,7	1006,6	952,4	7179,4
Тимский	88	98,4	62,4	134,7	120,4	503,9
Фатежский	876,4	2323,2	3607,4	3803,4	1747,8	12358,2
Хомутовский	332	358,5	370,8	1225,9	655,1	2942,3
Черемисиновский	230,9	420	113	155,9	66,7	986,5
Щигровский	134,1	479	580,9	456,4	280,1	1930,5

Далее рассчитаем размер собственных оборотных средств (СОС) как разницу между собственным капиталом (капиталом и резервами) и внеоборотными активами сельскохозяйственных организаций, с корректировкой на увеличение за счет доходов будущих периодов – таблица 2. Данный показатель будет отражать часть собственного капитала сельскохозяйственных организаций, которая используется для формирования оборотных активов. Рост данного показателя по сравнению с предыдущим периодом как правило свидетельствует о развитии сельскохозяйственной деятельности.

За анализируемый период совокупный размер собственного капитала сельскохозяйственных организаций Курской области возрос с 62 608 млн. рублей в 2016 году до 153 800 млн. рублей в 2020 году, или на 91 232 млн. рублей (почти в 2,5 раза). Рост по отношению к предыдущему (2019 году) также достаточно существенный – 41 803 млн. рублей, или 37,3%. Данная динамика формирует предпосылки для повышения финансовой устойчивости сельскохозяйственных предприятий, и свидетельствует об увеличении возможностей развития отрасли за счет собственных средств организаций.

В то же время за аналогичный период внеоборотные активы возросли с 99 049 млн. рублей до 234 469 млн. рублей (на 135 410 млн. рублей, или в 2,36 раза). Динамика доходов

будущих периодов не оказывает серьезного влияния на формирование собственных оборотных средств, т.к. данная статья в 2016 году занимала всего 4,1% в собственном капитале и 2,6% во внеоборотных активах. К 2020 году их доля уменьшилась до 1,6% и 1,0% соответственно.

Еще в 2016 году недостаток собственных оборотных средств составлял 33 905 млн. рублей. И, несмотря на то, что за анализируемый период темпы роста собственного капитала выше темпов роста внеоборотных активов (145,7% против 136,7%), их меньший размер на начало периода привел к тому, что недостаток собственных оборотных средств стабильно возрастал.

Таблица 2 – Оценка наличия и динамики собственных оборотных средств сельскохозяйственных предприятий Курской области, млн. рублей

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Изменения 2020 г. к 2016 г.		Изменения 2020 г. к 2019 г.	
						+, -	в %	+, -	в %
Собственный капитал	62 608	75 756	93 692	112 037	153 840	91 232	245,7	41 803	137,3
Внеоборотные активы	99 049	117 474	153 419	181 652	234 469	135 410	236,7	52 817	129,1
Доходы будущих периодов	2 536	3 524	3 014	2 436	2 439	-97	96,2	3	100,1
Наличие собственных оборотных средств	-33 905	-38 194	-56 713	-67 179	-78 189	-44 284	230,6	-11 010	116,4

Нормальным считается положительное значение собственных оборотных средств, в то время как отрицательный показатель собственных оборотных средств негативно характеризует финансовое состояние. С отрицательным показателем могут функционировать организации, имеющие быстрый операционный цикл (например, организации питания, торговли и т.п.), где запасы достаточно быстро превращаются в выручку от реализации продукции.

Сложившаяся ситуация характерна не только для сельского хозяйства. Статистические данные об экономике страны в целом свидетельствуют о том, что уровень обеспеченности собственными материальными оборотными средствами экономики страны постепенно повышается, но темпы такого движения остаются низкими. Поэтому можно предположить с большой долей уверенности, что из зоны отрицательных значений коэффициент обеспеченности собственными материальными оборотными средствами выйдет нескоро [12].

Развитие аграрной отрасли требует увеличения как внеоборотных, так и оборотных активов организаций, в то время как рост объемов роста собственного капитала отстает от данной динамики. В результате аграрные предприятия ввиду отсутствия или недостатка собственных оборотных средств используют заемные источники. Для финансирования части внеоборотных активов сельскохозяйственные предприятия также используют долгосрочные обязательства. Для показателя наличие собственных и долгосрочных заемных источников формирования запасов целесообразно использование термина чистый оборотный капитал, представляющий собой синоним собственных оборотных средств. Основное отличие чистого оборотного капитала от собственного оборотного состоит в том, что первый включает величину долгосрочных заемных средств [4, 9].

Далее определим наличие собственных и долгосрочных заемных источников формирования запасов, а также общую величину основных источников формирования запасов, учитывающую также краткосрочные обязательства - таблица 3.

Прежде всего следует отметить, что размер долгосрочных заемных средств превышает недостаток собственных оборотных средств, что формирует положительное значение собственных и долгосрочных источников формирования запасов. В течение анализируемого периода долгосрочные заемные средства увеличивались достаточно высокими темпами – их рост составил 107 456 млн. рублей или 167,6% (с 64 132 млн. рублей в 2018 году до 171 587 млн. рублей в 2020 году). В результате при увеличении отрицательного значения собственных оборотных средств в течение анализируемого периода опережающий темп роста долго-

срочных пассивов сформировал тенденцию к увеличению собственных и долгосрочных заемных источников формирования запасов и затрат с 30 226 млн. рублей в 2016 году до 93 398 млн. рублей в 2020 году – или на 63 171 млн. рублей (более чем в три раза). Причем за последний год увеличение составило 48%, или 30 281 млн. рублей.

В отношении краткосрочных кредитов и займов следует отметить более низкий темп роста относительно других статей – они возросли в течение 2016-2020 гг. лишь на 83,8% (39 002 млн. рублей) – с 76 769 млн. рублей до 85 544 млн. рублей. В результате отмеченных тенденций рост основных источников формирования запасов составил 102 173 млн. рублей, или 133,1%.

Таблица 3 – Оценка источников формирования запасов, млн. рублей

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Изменения 2020 г. к 2016 г.		Изменения 2020 г. к 2019 г.	
						+, -	в %	+, -	в %
						Долгосрочные заемные средства	64 132	72 387	101 632
Наличие собственных и долгосрочных заемных источников формирования запасов	30 226	34 194	44 919	63 117	93 398	63 171	309,0	30 281	148,0
Краткосрочные кредиты и заемные средства	46 542	54 088	71 672	65 844	85 544	39 002	183,8	19 700	129,9
Основные источники формирования запасов	76 769	88 282	116 591	128 961	178 942	102 173	233,1	49 981	138,8

На рисунке 1 отражена динамика основных анализируемых показателей.



Рис. 1 – Динамика основных показателей финансовой устойчивости сельскохозяйственных организаций Курской области

Данные рисунка наглядно отражают рост собственного капитала в сочетании с увеличением долгосрочных заемных средств при одновременном снижении собственных оборотных средств сельскохозяйственных предприятий.

Показатели собственных оборотных средств и иных источников сравнивают также с величиной запасов организации. Этот показатель должен быть больше величины запасов, т.к. запасы, как наименее ликвидная часть оборотных средств, должны финансироваться за счет собственных (и/или) долгосрочно привлеченных средств – таблица 4.

Таблица 4 – Оценка достаточности источников формирования запасов, млн. рублей

Показатели	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Изменения 2020 г. к 2016 г.		Изменения 2020 г. к 2019 г.	
						+, -	в %	+, -	в %
						Запасы	32 520	37 529	45 850
Излишек (+) или недостаток (-) собственных оборотных средств	-66 425	-75 722	-102 563	-119 648	-141 949	-75 523	213,7	-22 300	118,6
Излишек (+) или недостаток (-) долгосрочных источников формирования запасов	-2 294	-3 335	-931	10 648	29 639	31 932	-	18 991	278,4
Излишек (+) или недостаток (-) общей величины основных источников формирования запасов	44 248	50 753	70 741	76 491	115 182	70 934	260,3	38 691	150,6

Расширение производственной деятельности сельскохозяйственных организаций сопровождалось ростом величины запасов с 32 520 млн. рублей в 2016 году до 63 759 млн. рублей в 2020 году, т.е. на 31 239 млн. рублей, или почти в 2 раза. При этом отрицательное значение собственных оборотных средств возрастало более высокими темпами (в 2,3 раза) за анализируемый период, что стабильно увеличивало недостаток собственных оборотных средств в течение анализируемого периода с -66 425 млн. рублей до -141 949 млн. рублей. В итоге опережающий рост долгосрочных пассивов привел к тому, что если в начале периода отмечался недостаток долгосрочных источников формирования запасов в размере -2 294 млн. рублей в 2016 году, -3 335 млн. рублей в 2017 году, и -931 млн. рублей в 2018 году, то в дальнейшем значение данного показателя стало положительным. Превышение долгосрочных источников формирования запасов сельскохозяйственных организаций составило 10 648 млн. рублей в 2019 году и 29 639 млн. рублей в 2020 году.

Что касается общей величины основных источников формирования запасов, следует отметить их положительное и возрастающее значение в 1,6 раза - с 44 248 млн. рублей в 2016 году до 115 182 млн. рублей в 2020 году.

Вывод.

Можно сделать вывод, что в 2016-2018 годах в сельскохозяйственной отрасли Курской области отмечается неустойчивое финансовое состояние, характеризующееся нарушенной платежеспособностью. В 2019-2020 годах отмечается нормальная устойчивость финансового состояния, гарантирующая платежеспособность.

В то же время стабильное увеличение отрицательного значения собственных оборотных средств и их растущего недостатка для покрытия запасов отражает отрицательную динамику финансовой устойчивости предприятий отрасли. Можно сделать вывод что сельскохозяйственные организации за счет собственных средств развивают преимущественно инвестиционные проекты (расширение производства и т. п.) и не используют собственные оборотные средства для формирования запасов по причине их отсутствия. Иными словами, рост объемов производства в отрасли происходит на фоне снижения финансовой устойчивости организаций, проявляющейся в увеличении недостатка собственных оборотных средств. Сохранение данной тенденции в дальнейшем очевидно приведет к проблемам, связанным с неустойчивым финансовым состоянием.

По нашему мнению, одной из причин сложившейся ситуации, является активное использование в аграрной политике методов государственной поддержки, компенсирующих уплаченные сельскохозяйственными предприятиями проценты по полученным кредитам. Такая направленность, снижая стоимость кредитования, стимулирует сельскохозяйственные организации к проведению активной кредитной политики. Но если целью государственного регулирования развития сельского хозяйства является достижение устойчивого роста отрасли, можно сделать вывод о том, что действующие методы не способствуют достижению дан-

ной цели, что обуславливает необходимость оптимизации методов государственной поддержки.

Аграрная политика должна быть направлена на самостоятельное развитие сельскохозяйственных организаций. Развивая данное предложение, мы опираемся на теорию «Воспитательного протекционизма» Фридриха Листа, обосновавшего использование покровительственных пошлин только до обеспечения формирования конкурентоспособности отрасли в международных экономических отношениях, после чего страна должна перейти к свободной торговле [11]. Очевидно, что обеспечение стабильного развития требует стабильной финансовой устойчивости, на что и должно быть направлено действие механизмов государственного регулирования. Это необходимо, чтобы при сокращении и поддержки или ее отсутствии сельскохозяйственная отрасль продолжала развиваться [11].

Поддержка общих условий функционирования отрасли сельского хозяйства путем финансирования общих услуг и развитие инфраструктуры будет способствовать стабильному долгосрочному росту, укреплению финансовой устойчивости и большей самостоятельности сельскохозяйственных организаций.

Библиография

1. Агибалова А.Н. Реинжиниринг бизнес-процессов в стратегическом управлении предприятиями АПК / А.Н. Агибалова, О.В. Петрушина // Инновационные направления развития АПК и повышение конкурентоспособности предприятий, отраслей и комплексов - вклад молодых ученых. Сборник научных трудов по материалам XIX международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 197-201.
2. Бланк И.А. Управление финансовыми ресурсами / И.А. Бланк. - Москва : Изд-во Омега-Л, 2011. – 768 с.
3. Водолазская Н.В. О тенденциях устойчивого развития региональных производственных систем / Н.В. Водолазская // Проблемы и решения современной аграрной экономики. XXI международная научно-производственная конференция. – 2017. – С. 186-187.
4. Жиликов Д.И. Современные проблемы анализа финансово-экономического состояния организаций различных сфер деятельности / Д.И. Жиликов, В.Г. Зарецкая // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3 (24). – С. 58-64.
5. Зарецкая В.Г. Эволюция финансовой отчетности в Российской Федерации и ее влияние на процедуру анализа финансового состояния // Международный бухгалтерский учет. – 2011. – № 34 (184). – С. 33-38.
6. Ковалев В.В. Анализ баланса / В.В. Ковалев, Вит. В. Ковалев. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Проспект, 2017. – 912 с.
7. Петрушина О.В. Сущность и необходимость анализа финансового состояния предприятия / О.В. Петрушина, А.В. Гололобова // Инновационная деятельность в модернизации АПК. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 частях. 2017. – С. 118-122.
8. Семькин В.А. Роль государства в обеспечении продовольственной безопасности / В.А. Семькин, Д.И. Жиликов // Научное обеспечение агропромышленного производства (материалы Международной научно-практической конференции, 20-22 января 2010 г., г. Курск, ч. 1). – Курск : Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2010. – С. 3-9.
9. Соколов О.В., Пашигорева М.О. Оценка деловой активности и рентабельности деятельности организации // Наука и Образование. – 2018. – Т. 1. – № 2. – С. 15.
10. Филобокова, Л.Ю. Чистый оборотный и собственный оборотный капитал малых предприятий: функциональная роль, методика расчета и анализа / Л.Ю. Филобокова // Экономический анализ: теория и практика. – 2011. – № 14(221). – С. 26-29.
11. Фридрих Лист Национальная система политической экономии / Фридрих Лист. – Москва: Социум. – 2017. – 452 с.
12. Янгиров, И.И. Обеспеченность предприятий собственными оборотными средствами и риски кредитования / И.И. Янгиров // Региональная экономика: теория и практика. – 2013. – № 43. – С. 56-62.

References

1. Agibalova A.N. Reengineering of business processes in the strategic management of agricultural enterprises / A.N. Agibalova, O.V. Petrushina // Innovative directions for the development of the agro-industrial complex and increasing the competitiveness of enterprises, industries and complexes - the contribution of young scientists. Collection of scientific papers based on the materials of the 19th international scientific and practical conference. – 2016. – S. 197-201.
2. Blank I.A. Management of financial resources / I.A. Blank. – Moscow : Omega-L Publishing House, 2011. – 768 p.
3. Vodolazskaya N.V. On trends in sustainable development of regional production systems / N.V. Vodolazskaya // Problems and solutions of modern agrarian economy. XXI international scientific and production conference. – 2017. – S. 186-187.

4. Zhilyakov D.I. Modern problems of the analysis of the financial and economic state of organizations in various fields of activity / D.I. Zhilyakov, V.G. Zaretskaya // *Bulletin of the Oryol State Agrarian University*. – 2010. – No. 3 (24). – S. 58-64.
5. Zaretskaya V.G. The evolution of financial reporting in the Russian Federation and its influence on the procedure for analyzing the financial condition // *International Accounting*. – 2011. – No. 34 (184). – P. 33-38.
6. Kovalev V.V. Balance analysis / V.V. Kovalev, Vit. V. Kovalev. – Ed. 4th, revised. and additional – Moscow : Prospekt, 2017. – 912 p.
7. Petrushina O.V. The essence and necessity of analyzing the financial condition of the enterprise / O.V. Petrushina, A.V. Gololobova // *Innovative activity in the modernization of the agro-industrial complex. Materials of the International scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists*. In 3 parts. 2017. – S. 118-122.
8. Semykin V.A. The role of the state in ensuring food security / V.A. Semykin, D.I. Zhilyakov // *Scientific support of agro-industrial production (materials of the International Scientific and Practical Conference, January 20-22, 2010, Kursk, part 1)*. – Kursk : Publishing House Kursk. state s.-x. Ak., 2010. – P.3-9.
9. Sokolov O.V., Pashigoreva M.O. Evaluation of business activity and profitability of the organization // *Science and Education*. – 2018. – Т. 1. – No. 2. – P. 15.
10. Filobokova, L.Yu. Net working and own working capital of small enterprises: functional role, methods of calculation and analysis / L.Yu. Filobokova // *Economic analysis: theory and practice*. – 2011. – No. 14 (221). – S. 26-29.
11. Friedrich List National system of political economy / Friedrich List. – Moscow: Society. – 2017. – 452 p.
12. Yangirov, I.I. Security of enterprises with their own working capital and lending risks / I.I. Yangirov // *Regional economy: theory and practice*. – 2013. – No. 43. – P. 56-62.

Сведения об авторах

Жиляков Дмитрий Иванович, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и финансов, ФГБОУ ВО Курская ГСХА, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70, Россия, 305021, тел +7 (4712) 53-13-30, e-mail: zhilyakov@yandex.ru

Information about authors

Zhilyakov Dmitry Ivanovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Accounting and Finance, Kursk State Agricultural Academy, Kursk, st. Karl Marx, 70, Russia, 305021, tel. +7 (4712) 53-13-30, e-mail: zhilyakov@yandex.ru

УДК 657.4:658.15

Т.И. Наседкина, А.И. Черных, И.А. Демешева

БУХГАЛТЕРСКАЯ ОТЧЕТНОСТЬ КАК ОСНОВА АНАЛИЗА ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Одним из показателей финансового состояния организации является его финансовая устойчивость, характеризующая возможность хозяйствующего субъекта финансировать свою деятельность и выполнять свои основные функции в условиях изменяющейся внутренней и внешней среды. В условиях недостатка собственных финансовых ресурсов для осуществления и развития бизнеса, недостаточной платежеспособности анализ финансовой устойчивости предприятий относится к числу важных не только финансовых, но и общеэкономических проблем. Эта характеристика включает в себя организационные, технологические, экономические и конечно же финансовые аспекты деятельности организации. Показатели финансовой устойчивости служат одним из главных факторов при оценке инвестиционной привлекательности и деловой репутации хозяйствующего субъекта.

Заинтересованные пользователи информации о деятельности предприятия могут оценить его финансовую устойчивость на основании данных, представленных в бухгалтерской отчетности. В результате контрагенты могут принимать управленческие решения в части возможности развития деловых связей. Управляющий персонал – выявлять резервы повышения эффективности текущей и инвестиционной деятельности. Поэтому исследование финансовой устойчивости требует изучения вопросов оценки и оперативного управления финансовой устойчивости организаций, бухгалтерская отчетность которых должна отличаться объективностью, достоверностью, надежностью и уместностью.

В статье рассмотрены порядок составления бухгалтерской отчетности ООО «УК Зеленая Долина» г. Белгород, являющегося частью крупного в Белгородской области Агропромышленного Холдинга «Зеленая Долина», проведен анализ финансовой устойчивости управляющей компании. Авторами разработаны рекомендации по устранению недостатков в организации учетной работы, порядку составления бухгалтерской отчетности, а также предложены мероприятия по повышению финансовой устойчивости предприятия.

Ключевые слова: бухгалтерская отчетность организации, учетная политика организации, финансовая устойчивость, платежеспособность, инфляция.

ACCOUNTING STATEMENTS AS A BASIS FOR ANALYZING THE FINANCIAL STABILITY OF AN ENTERPRISE

Abstract. One of the indicators of the financial condition of an organization is its financial stability, which characterizes the ability of an economic entity to finance its activities and perform its main functions in a changing internal and external environment. In conditions of a lack of own financial resources for the implementation and development of business, insufficient solvency, the analysis of the financial stability of enterprises is among the important not only financial, but also general economic problems. This characteristic includes organizational, technological, economic and, of course, financial aspects of the organization's activities. Financial stability indicators are one of the main factors in assessing the investment attractiveness and business reputation of an economic entity.

Interested users of information about the company's activities can assess its financial stability based on the data presented in the accounting statements. As a result, counterparties can make management decisions regarding the possibility of developing business ties. Managing staff - to identify reserves for improving the efficiency of current and investment activities. Therefore, the study of financial stability requires studying the issues of assessment and operational management of the financial stability of organizations whose accounting statements should differ in objectivity, reliability, reliability and relevance.

The article discusses the procedure for compiling accounting statements of LLC "UK Zelenaya Dolina" Belgorod, which is part of a large Agro-industrial Holding in the Belgorod region "Zelenaya Dolina", an analysis of the financial stability of the management company. The authors have developed recommendations for eliminating deficiencies in the organization of accounting work, the procedure for compiling accounting statements, and also proposed measures to improve the financial stability of the enterprise.

Keywords: accounting statements of the organization, accounting policy of the organization, financial stability, solvency, inflation.

В условиях современной рыночной экономики важное значение приобретает анализ финансовой устойчивости предприятия как один из этапов экономически грамотного управления его деятельностью. Правильно проведенный анализ дает возможность выявить и устранить недостатки финансовой деятельности предприятия, найти резервы улучшения его финансового состояния, платежеспособности [4, 8].

Основой для анализа финансовой устойчивости выступает бухгалтерская финансовая отчетность. Она представляет собой обобщенную информацию об имущественном и финансовом положении предприятия, о результатах его финансово-хозяйственной деятельности. Заинтересованные лица могут оценить финансовую устойчивость предприятия, его эффективность и рентабельность именно благодаря информации, содержащейся в бухгалтерской финансовой отчетности. Так предприятие с высокой финансовой устойчивостью и эффективностью деятельности может привлечь внимание инвесторов, тем самым увеличив свой капитал, финансовые источники, деловую репутацию [5, 7, 10].

Исследование проводилось на основании показателей годовой бухгалтерской отчетности ООО «УК Зеленая Долина», которое является частью крупного в регионе Агропромышленного Холдинга «Зеленая Долина». В состав холдинга входят молочная, кормовая и управляющая компании, каждая из которых занимается определенным направлением бизнеса и включает в себя часть юридических лиц агропромышленного холдинга.

Перед группой компаний стоит несколько задач, которые в настоящий момент успешно выполняются:

- создание в Белгородской области к 2020 году конкурентоспособной системы производства и переработки молока в объеме не менее 1000 тонн в сутки;
- увеличение поголовья до 30 тысяч дойных коров со средней продуктивностью не менее 8 тысяч килограммов молока в год от одной коровы;
- организация производства зерновых и кормовых культур на площади до 100 тысяч гектаров.

ООО «УК Зеленая Долина» имеет богатую корпоративную культуру, основная суть которой: прямая взаимосвязь социальной полезности и преимуществ компании. Так через применение инновационных технологий обеспечивается бережное отношение к окружающей среде для сохранения земельных ресурсов будущим поколениям, производство качественной и доступной по цене продукции для поддержания здоровья нации позволяет достичь компании национального масштаба, а качественная подготовка персонала, менеджеров обеспечивает повышение уровня благополучия сотрудников компании.

ООО «УК Зеленая Долина» – управляющая компания АПХ «Зеленая Долина», которая занимается покупкой и перепродажей продукции, а также организацией и координацией управленческой деятельности и внутрикорпоративных отношений. ООО «УК Зеленая Долина» на протяжении 2018-2019гг. работало в убыток, однако в 2020 г. оно смогло получить чистую прибыль в размере 62 661 тыс. руб. В 2018-2019гг. компания была нерентабельной, однако в 2020 г. уровень рентабельности составил 5,07% в связи с появлением прибыли от продаж в размере 96 234 тыс. руб. За исследуемый период прибыль от продаж увеличилась на 113 365 тыс. руб., а уровень рентабельности – на 7,26%.

Таким образом, можно сделать вывод, что сегодня ООО «УК Зеленая Долина» является растущей, динамично развивающейся организацией. За последние три года компания смогла выйти на безубыточное производство и стать рентабельным предприятием.

В ООО «УК Зеленая Долина» соблюдаются все необходимые процедуры, сопутствующие составлению годовой бухгалтерской отчетности. Годовая бухгалтерская отчетность составляется в соответствии с Приказом Минфина России от 02.07.2010 № 66-н «О формах бухгалтерской отчетности организаций», ошибок и грубых нарушений в рамках данного параметра оценки учетной работы на предприятии не обнаружено [2].

Однако выявлены следующие несовершенства в учетной работе предприятия: отсутствие утвержденной Учетной политики, графика документооборота и плана счетов (на данный момент бухгалтерия предприятия использует для отражения фактов хозяйственной жизни План счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности организаций, утвержденного Приказом Министерства финансов РФ от 31.10.2000 г. № 94н [3].

Так, для установления правильной и бесперебойной работы отдела бухгалтерии, повышения надлежащего качества учета и исполнения установленных законодательством

предписаний целесообразно разработать и внедрить на предприятии вышеуказанные документы.

Основу учетной политики организации для целей бухгалтерского учета составляют организационные и методологические аспекты. Организационные аспекты содержат общие сведения об организации, основные задачи бухгалтерского учета в организации, форма бухгалтерского учета, порядок организации документооборота и технология обработки учетной информации, порядок организации инвентаризации и порядок ее проведения, порядок составления бухгалтерской отчетности. Учетной политикой так же утверждается рабочий план счетов организации.

Методологические аспекты учетной политики отражают порядок учета каждого вида имущества и обязательств организации. Так в данном разделе учетной политики подлежит раскрытию порядок учета основных средств и капитальных вложений, нематериальных активов, товаров, материалов, порядок формирования доходов и расходов организации, доходов и расходов будущих периодов, порядок создания резервов. Учетной политикой также утверждаются формы первичных документов, применяемых в организации.

В учетной политике для целей налогообложения должна содержаться такая информация, как применяемый в организации режим налогообложения, порядок признания доходов и расходов и расчета налоговой базы, порядок формирования регистров налогового учета и прочие аспекты, определяющие порядок ведения налогового учета и документооборота.

График документооборота отражает процесс движения первичных документов организации с момента их формирования до передачи в архив. В нем должен содержаться полный перечень документов, подлежащих обработке (наименование документа), должности работников, ответственных за их формирование, согласование и хранение (ответственный за выписку, оформление, исполнение, проверку, хранение) порядок контроля за правильностью их составления и сохранностью (кто передает в архив и в какой срок), а также прочие нюансы, присущие для порядка документооборота в организации.

Так же одним из несовершенств бухгалтерского учета на предприятии выступает то, что программное обеспечение бухгалтерского учета некорректно отражает проводки по формированию финансового результата. На данный момент только при использовании оборотно-сальдовой ведомости можно определить, получена ли на конец отчетного периода прибыль или убыток. Методистам финансово-экономической дирекции требуется разработать техническое задание для дирекции по информационным технологиям, направленное на устранение данного недостатка.

Годовая бухгалтерская отчетность в ООО «УК Зеленая Долина» составляется в соответствующие сроки и порядке, установленные Федеральным законом «О бухгалтерском учете» № 402-ФЗ от 06.12.2011 г. [1].

С целью выхода агропромышленного холдинга на международный рынок, сокращению расходов на подготовку отчетности, оптимизации управления, повышения конкурентоспособности фирмы, снижения рисков недостоверности отчетности, повышения ее прозрачности и информативности предлагаем ООО «УК Зеленая Долина» осуществить переход на Международные стандарты финансовой отчетности (МСФО) [9].

Начиная с 2005 года, почти все предприятия мира согласились с официальным принятием и переходом на МСФО. Компании почти всех стран мира решили использовать МСФО за основу для составления финансовой документации. С этого момента количество государств, которые внедрили международные стандарты, стремительно увеличивается.

Переход с РСБУ на МСФО можно осуществить одним из двух способов. Первый накладывает дополнительный объем нагрузки на ответственного бухгалтера, так как подразумевает ведение параллельного учета как в соответствии с российскими стандартами, так и в рамках международных.

Второй способ – трансформация – предполагает проведение на отчетную дату набора корректировок, позволяющих переложить в формат МСФО отчетность, составленную по

национальным нормам. Трансформация включает так же две модели: внешнюю и внутренних корректировок.

Модель внешней трансформации подразумевает первоначальную подготовку отчетности по правилам РСБУ, а затем – формирование рабочего листа с итоговыми корректировками, на основе которых составляется отчетность по МСФО. Данное действие производится вручную с использованием программы MS Excel.

Модель внутренних корректировок подразумевает внедрение соответствующего программного обеспечения, которое бы осуществляло автоматическое внесение поправок в отчетность, необходимых для перехода с РСБУ на МСФО.

Из выше предложенных вариантов наиболее удобным и оптимальным для ООО «УК Зеленая Долина» является модель внутренних корректировок. Поскольку организация уже рассматривает возможность перехода с 1С: УСХП на программу SAP, имеется возможность параллельного перехода и внедрения необходимого интерфейса, что исключает необходимость подстройки используемых программ для трансформации при изменении правил учета согласно нормам российского учета и снижает вероятность дополнительных издержек.

Программа SAP ориентирована на крупные и средние предприятия и позволяет эффективно контролировать доходы и расходы компании, упрощает ведение кадрового учета и логистики, передачу данных между различными отделами или другими функциональными единицами компании. Так как разработчиком программы является немецкая компания с аналогичным названием, SAP является наиболее приспособленной программой для составления бухгалтерской (финансовой) отчетности согласно международным стандартам.

Преимущества SAP над применяемой в организации 1С: УСХП заключаются в:

- легком процессе настройки параметров программы, начиная от выбора языка и заканчивая формированием особенностей бухгалтерского учета;
- снижении возможности возникновения ошибок;
- взаимоувязке операций прочих структурных подразделений (складской, кадровый учет) и их плавный переход в бухгалтерский;
- полной автоматизации всех учетных задач, в том числе подготовка и формирование годовой бухгалтерской (финансовой) отчетности;
- всестороннем контроле за материальными и финансовыми ресурсами предприятия;
- возможности управления всеми сферами деятельности организации.

Поскольку SAP имеет простой и удобный механизм сопряжения с другими офисными программами, переход с 1С: УСХП на предлагаемое программное обеспечение должен произойти быстро и корректно, лишь небольшая часть содержащихся в используемой программе данных будет трансформирована вручную.

Таким образом, внедрение нового программного продукта SAP позволит ООО «УК Зеленая Долина» усовершенствовать учет финансовых результатов и процесс формирования бухгалтерской (финансовой) отчетности, сократить время и усилия бухгалтера на обработку первичных документов и составление на их основании необходимых отчетов, уменьшить количество возникающих при ведении бухгалтерского учета и формировании отчетности ошибок и минимизировать возможность дублирования информации.

Переход на МСФО так же позволит организации более подробно и развернуто предоставлять пользователям информацию о возникновении финансового результата. Произведем расчет консолидированного отчета о совокупном доходе за год (Statement of comprehensive income), выступающего аналогом российского отчета о финансовых результатах, который представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Консолидированный отчет о совокупном доходе, тыс. руб.

Наименование строки	Код	2019 г.	2020 г.
Выручка	2110	1 942 819	1 878 768
Себестоимость продаж	2120	(1 743 090)	(1 478 038)
Валовая прибыль	2100	199 729	420 730
Коммерческие расходы	2210	-	-
Управленческие расходы	2220	(204 302)	(324 496)
Прибыль (убыток) от продаж	2200	(4 573)	96 234
Доходы от участия в других организациях	2310	-	-
Проценты к получению	2320	56 015	107 485
Проценты к уплате	2330	(81 769)	(210 894)
Прочие доходы	2340	15 288	108 335
Прочие расходы	2350	(26 405)	(37 582)
Прибыль (убыток) до налогообложения	2300	(41 444)	63 578
Текущий налог на прибыль	2410	-	(158)
Постоянные налоговые обязательства (активы)	2421	-	-
Изменение отложенных налоговых обязательств	2430	6 474	(479)
Изменение отложенных налоговых активов	2450	-	-
Прочее	2460	(113)	(253)
Чистая прибыль (убыток)	2400	(35 083)	62 661
Переменные затраты	2470	951 645	799 134
Постоянные затраты	2480	791 445	678 904
Маржинальный доход	2490	991 174	1 079 634
Результат переоценки внеоборотных активов, не включаемых в чистую прибыль (убыток)	2510	-	-
Результат от прочих операций, не включаемый в чистую прибыль (убыток)	2520	-	-
Совокупный финансовый результат	2500	(35 083)	62 661
Базовая прибыль (убыток) на акцию	2900	-	-
Разводненная прибыль (убыток) на акцию	2910	-	-

Отчет о совокупном доходе за год дополняет данные, представляемые в отчете о финансовых результатах. Так в отчете по требованиям МСФО отражается информация о переменных и постоянных затратах и размере полученной маржинальной прибыли. Данный показатель важен для оценки эффективности бизнеса, поскольку именно разница между полученной выручкой и переменными затратами останется у предприятия на покрытие постоянных затрат и получение прибыли. Именно маржинальная прибыль оказывает влияние на принятие ряда управленческих решений, пересмотра цен на производимую продукцию, оказываемые услуги, проведение различных маркетинговых мероприятий. Так же обязательным условием для составления отчета о совокупном доходе за год является выделение величины прибыли на одну выпущенную акцию. Это является дополнительным показателем, характеризующим инвестиционную привлекательность компании и ее эффективность на фондовом рынке.

Строки 2900 «Базовая прибыль (убыток) на акцию» и 2910 «Разводненная прибыль (убыток) на акцию» отчета о совокупном доходе ООО «УК Зеленая Долина» не имеют информации, так как компания в исследуемый период не выпускала ценных бумаг на фондовом рынке. В качестве одного из инструментов повышения финансовой эффективности предприятия и повышения его привлекательности для инвесторов необходимо участие на фондовом рынке в качестве эмитента.

В настоящий момент ООО «УК Зеленая Долина» уже начала работу по переходу на международные стандарты формирования отчетности с целью выхода на внешний рынок. В финансовой дирекции сформирована группа учета международных стандартов финансовой отчетности. Основными задачами данного структурного подразделения является выбор наиболее выгодного способа перехода с РСБУ на МСФО и осуществление данной работы.

Информация, содержащая в бухгалтерской финансовой отчетности, является основой для проведения анализа финансовой устойчивости организации, его рентабельности и эф-

фактивности. По результатам данного анализа пользователи бухгалтерской отчетности могут оценить перспективы организации к росту и развитию, ее финансовую устойчивость и независимость, инвестиционную привлекательность [11, 13].

По данным таблицы 2 можно увидеть, что коэффициент финансовой независимости в 2020 г. составил -0,040 и по сравнению с 2018 г. увеличился на 0,033. На предприятии отсутствуют собственные источники финансирования (непокрытый убыток превышает размер уставного капитала), следовательно, невозможно говорить о какой-либо финансовой независимости организации. ООО «УК Зеленая Долина» полностью зависит от заемных средств.

Таблица 2 – Показатели, характеризующие финансовую устойчивость ООО «УК Зеленая Долина» (на конец года)

Наименование коэффициента	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Отклонение 2020 г. от 2018 г. (+;-)
Коэффициент финансовой независимости	-0,040	-0,028	-0,007	0,033
Коэффициент самофинансирования	-0,040	-0,028	-0,007	0,033
Коэффициент финансовой устойчивости	-0,040	-0,028	-0,007	0,033
Коэффициент долгосрочно привлеченных заемных средств	0	0,0004	0,0006	0,0006
Коэффициент финансового левериджа	-25,87	-36,11	-137,76	-111,89
Коэффициент обеспеченности оборотных активов собственным оборотным капиталом	-0,075	-0,69	-1,586	-1,51
Коэффициент обеспеченности запасов и затрат собственными оборотными средствами	-3,92	-19,14	-16,35	-12,43
Коэффициент маневренности	-1,80	-14,75	-84,42	-82,61
Коэффициент финансовой напряженности	1,007	1,028	1,040	0,033
Коэффициент соотношения мобильных и иммобильных средств	29,92	1,56	0,64	-29,28
Индекс постоянства актива	-0,80	-13,72	-83,48	-82,68
Коэффициент имущества производственного назначения	0,05	0,41	0,65	0,6

Коэффициент долгосрочного привлечения заемных средств на предприятии невысокий и составляет 0,0006 от валюты баланса. Низкое значение данного показателя показывает незначительную зависимость от долгосрочного заемного капитала, что является положительным фактом.

Коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными оборотными средствами используется как признак несостоятельности (банкротства) организации. Оптимальное значение данного коэффициента – не менее 0,1. В 2020 г. по сравнению с 2018 г. он уменьшился на 1,51.

Коэффициент маневренности предприятия так же принимает отрицательное значение, что свидетельствует о низкой финансовой устойчивости предприятия, так как медленно реализуемые активы (основные средства) полностью сформированы за счет заемных средств.

Индекс постоянства актива показывает долю собственных финансовых источников, используемых на покрытие внеоборотных активов. В течение исследуемого периода он уменьшился на 82,68 за счет увеличения стоимости внеоборотных активов и наличия непокрытого убытка на предприятии.

Коэффициент имущества производственного назначения отражает долю имущества производственного назначения в активах предприятия. В 2020 г. данный показатель составил 0,65, что является оптимальным значением (равно или больше 0,6). По сравнению с 2018 г. данный коэффициент увеличился на 0,6, что является положительным фактом.

Таким образом, ООО «УК Зеленая Долина» получила в 2020 г. прибыль, однако предприятие является финансово неустойчивым и полностью зависит от внешних источников финансирования.

Одними из важных показателей, относящихся к финансовой устойчивости предприятия, являются его ликвидность и платежеспособность (таблица 3) [6].

Таблица 3 – Финансовые коэффициенты, характеризующие ликвидность и платежеспособность ООО «УК Зеленая Долина»

Наименование коэффициента	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Отклонение 2020 г. от 2018 г. (+;-)
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,411	0,091	0,092	- 0,320
Коэффициент критической ликвидности	0,411	0,092	0,094	- 0,317
Коэффициент текущей ликвидности	0,931	0,594	0,389	- 0,542

Коэффициент абсолютной ликвидности показывает, что ООО «УК Зеленая Долина» может покрыть лишь 9,2% краткосрочных обязательств за счет абсолютно ликвидных активов (денежных средств и их эквивалентов в виде рыночных ценных бумаг и депозитов). По сравнению с 2018 г. этот показатель уменьшился на 0,32 за счет значительного увеличения краткосрочных заемных средств компании, незначительного роста денежных средств и денежных эквивалентов и уменьшения финансовых вложений.

Коэффициент критической ликвидности так же в 2020 году уменьшился по сравнению с 2018 г. на 0,317 и в отчетном периоде составил 0,094. Данное значение коэффициента показывает, что предприятие находится в критическом положении и его возможность погасить текущие обязательства находится под вопросом.

В 2020 г. коэффициент текущей ликвидности составил 0,389, что на 0,542 меньше, чем в 2018 г. Данное значение коэффициента говорит о высоком финансовом риске предприятия, ведь оно не способно стабильно оплачивать текущие счета.

Таким образом, ООО «УК Зеленая Долина» является неликвидным, финансово нестабильным предприятием, т.е. неспособно при помощи собственных средств погасить большинство обязательств.

Одним из основных коэффициентов, используемых менеджерами и инвесторами для анализа платежеспособности компании, является отношение долга к EBITDA. EBITDA – это прибыль организации до выплаты налогов, процентов и амортизационных начислений. В настоящее время ООО «УК Зеленая Долина» активно применяет данный показатель для расчета годового бонуса сотрудникам, влияющим на экономическую эффективность предприятия, в особенности способствующим достижению положительного результата по показателю EBITDA.

Коэффициент отношение долга к EBITDA для исследуемой организации составляет: $969\,631 / 96\,234 = 20,47$.

Столь высокий показатель при нормативном значении, равном трем, говорит о высокой долговой нагрузке предприятия и вероятностью возникновения проблем не только с привлечением дополнительных заемных средств, но и с погашением существующих долгов. Для инвесторов предприятие с подобным коэффициентом отношения долга к EBITDA выступает инвестиционно-непривлекательным.

Другим не менее важным фактором, влияющим на финансовую устойчивость предприятия, является уровень инфляции в стране. Результаты анализа устойчивости предприятия к воздействию инфляции представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Анализ устойчивости ООО «УК Зеленая Долина» к воздействию инфляции

Показатель	2018г.	2019г.	2020г.	Отклонение 2020г. от 2018г. (+,-)
Денежные активы (ДА), тыс. руб.	541 158	1 337 604	511 684	-29 474
Неденежные активы (НДА), тыс. руб.	500 972	1 364 186	1 443 648	942 676
Денежные пассивы (ДП), тыс. руб.	1 084 016	2 778 749	1 969 631	885 615
Неденежные пассивы (НДП), тыс. руб.	- 41 876	- 76 959	-14298	27 578
Удельный вес ДА в валюте баланса (ДА / [ДА + НДА] * 100), %	51,93	49,51	26,17	- 25,76
Удельный вес ДП в валюте баланса (ДП / [ДП + НДП] * 100), %	104,02	102,85	100,73	- 3,29
Инфляционный рычаг (ДА / ДП), коэф.	0,5	0,48	0,26	-0,24

Так, удельный вес денежных активов в 2020 г. по сравнению с базисным годом уменьшился на 25,76% и составляет четверть активов в валюте баланса (26,17%). Удельный вес денежных пассив снизился на 3,29%, однако все так же составляет большую часть пассивов в валюте баланса, ввиду отрицательного значения неденежных пассивов, превышающую 100% (100,73%). Инфляционный рычаг, т. е. соотношение денежных активов и денежных пассивов компании, в 2020 г. уменьшился по сравнению с 2018 г. на 0,24. Это свидетельствует о снижении способности компании противостоять негативному влиянию инфляции.

Таким образом, ООО «УК Зеленая Долина», является неликвидным, финансово зависимым и неустойчивым, а способность противостоять негативному влиянию инфляции у компании низкая.

Рассмотрим, воздействие какого фактора оказывает негативное влияние на уровень платежеспособности и ликвидности предприятия. Воспользуемся коэффициентом текущей ликвидности и пятифакторной моделью, где оценим, как на данный коэффициент повлияли изменения оборотных и собственных средств, рентабельности продаж и собственного капитала в прибыли организации, оборачиваемость капитала и доля оборотных средств в имуществе организации.

$$K_{\text{тл}} = \frac{K_{\text{сзк}} * P_{\text{ск}} * D_{\text{ос}}}{P_{\text{п}} * K_{\text{об}}},$$

где $K_{\text{тл}}$ – коэффициент текущей ликвидности, $K_{\text{сзк}}$ – коэффициент соотношения собственных средств и краткосрочных обязательств, $P_{\text{ск}}$ – рентабельность собственного капитала по прибыли от продаж, $D_{\text{ос}}$ – доля оборотных средств в имуществе организации, $P_{\text{п}}$ – рентабельность продаж, $K_{\text{об}}$ – коэффициент оборачиваемости капитала.

$K_{\text{сзк}}$ определяется делением собственного капитала на краткосрочные заемные средства и для ООО «УК Зеленая Долина» составляет:

$$\text{В 2018 г. } K_{\text{сзк}0} = -41\,876 / 202 = -207,3.$$

$$\text{В 2020 г. } K_{\text{сзк}1} = 14\,298 / 1\,397\,740 = -0,01.$$

Чтобы найти $P_{\text{ск}}$, необходимо определить соотношение прибыли от продаж к собственному капиталу:

$$\text{В 2018 г. } P_{\text{ск}0} = -17\,131 / -41\,876 = 0,41.$$

$$\text{В 2020 г. } P_{\text{ск}1} = 96\,234 / -14\,298 = -6,73.$$

$D_{\text{ос}}$ определяется как отношение оборотных средств к валюте баланса:

$$\text{В 2018 г. } D_{\text{ос}0} = 1\,008\,425 / 1\,042\,130 = 0,98.$$

$$\text{В 2020 г. } D_{\text{ос}1} = 761\,766 / 1\,955\,333 = 0,39.$$

Рентабельность продаж ($P_{\text{п}}$) была найдена в таблице 5 настоящей выпускной квалификационной работы, и в 2020 г. она составляет 0,0507 ($P_{\text{п}1}$), а в 2018 г. – (0,0219) ($P_{\text{п}0}$).

Коэффициент оборачиваемости капитала ($K_{\text{об}}$) рассчитывается путем деления выручки от реализации продукции на валюту баланса. Для ООО «УК Зеленая Долина» он составляет:

$$\text{В 2018 г. } K_{\text{об}0} = 781\,165 / 1\,042\,130 = 0,75.$$

$$\text{В 2020 г. } K_{\text{об}1} = 1\,898\,768 / 1\,955\,333 = 0,97.$$

В 2018 г. коэффициент текущей ликвидности составил 5 071, а в 2020 г. – -5,34.

Рассмотрим влияние отдельного фактора на коэффициент текущей ликвидности. В первую очередь оценим, как повлияло на коэффициент текущей ликвидности изменение коэффициента соотношения собственных средств и краткосрочных обязательств:

$$K_{\text{тл}1} = (-0,01 * 0,41 * 0,98) / (-0,0219 * 0,75) = 0,2446.$$

Из этого следует, что значительное увеличение краткосрочных заемных средств и незначительное уменьшение непокрытого убытка негативно способствовало на уровень текущей ликвидности компании.

Рассмотрим, как на изменение текущей ликвидности организации повлияло изменение рентабельности собственного капитала по прибыли от продаж.

$$K_{\text{тл}2} = (-0,01 * (-6,73) * 0,98) / (-0,0219 * 0,75) = 4,015.$$

Уменьшение доли оборотных средств в имуществе организации так же оказало негативное влияние на коэффициент ликвидности, что видно из следующих расчетов:

$$K_{\text{тл}3} = (- 0,01 * (- 6,73) * 0,39 / (- 0,0219 * 0,75) = 1,598.$$

Увеличение рентабельности продаж в 2020 г. по сравнению с 2018 г. следующим образом повлияло на коэффициент текущей ликвидности:

$$K_{\text{тл}4} = (- 0,01 * (- 6,73) * 0,39) / (0,0507 * 0,75) = -0,69.$$

Наглядно динамику изменения финансовой устойчивости предприятия за 2018-2020 гг. можно увидеть в таблице 5.

Проведя анализ зависимости платежеспособности организации от рентабельности продаж, мы можем сделать вывод, что наибольшее влияние на негативную динамику платежеспособности ООО «УК Зеленая Долина» оказал коэффициент соотношения собственных средств и краткосрочных обязательств. Данный фактор уменьшил коэффициент текущей ликвидности на 5 070,75.

Также существенное влияние оказала рентабельность собственного капитала по прибыли от продаж, которая увеличила данный показатель платежеспособности на 3,77.

Доля оборотных средств в валюте баланса в 2020 г. по сравнению с 2018 г. уменьшила коэффициент текущей ликвидности на 2,417.

Увеличение рентабельности продаж так же оказало значительное влияние на уровень платежеспособности предприятия, за счет чего данный показатель уменьшился на 0,0726.

За счет уменьшения коэффициента оборачиваемости капитала коэффициент текущей ликвидности также снизился на 2,288.

Таким образом, наибольшее влияние на негативную динамику коэффициента текущей ликвидности отказали такие показатели, как коэффициент соотношения собственных средств и краткосрочных обязательств и коэффициент оборачиваемости капитала.

Таблица 5 – Изменение финансовой устойчивости ООО «УК Зеленая Долина»

Наименование показателя	2018	2019	2020	Отклонение 2020г. от 2018 г.
Коэффициент соотношения собственных средств и краткосрочных обязательств ($K_{\text{ск}}$)	-207,3	-0,038	-0,01	207,29
Рентабельность собственного капитала по прибыли от продаж ($P_{\text{ск}}$)	0,41	0,06	- 6,73	- 7,14
Доля оборотных средств в имуществе организации ($D_{\text{ос}}$)	0,98	0,61	0,39	- 0,59
Рентабельность продаж ($P_{\text{п}}$)	- 0,0219	- 0,24	0,0507	0,0726
Коэффициент оборачиваемости капитала ($K_{\text{об}}$)	0,75	0,72	0,097	- 1,653
Коэффициент текущей ликвидности ($K_{\text{тл}}$)	5 071	0,008	- 5,34	5 076,34

Основу денежной выручки ООО «УК Зеленая Долина» составляет оказание услуг прочим юридическим лицам АПХ «Зеленая Долина». Согласно договору оказания услуг, за оказание юридических, информационных, бухгалтерских и прочих услуг, компании агропромышленного холдинга выплачивают ООО «УК Зеленая Долина» фиксированную сумму, увеличенную на 1% от полученной выручки пользователями услуг. Соответственно, прибыль или убыток ООО «УК Зеленая Долина» получает в зависимости от того, прибыль или убыток получили юридические лица молочной и кормовой компаний.

Большую долю расходов ООО «УК Зеленая Долина» составляли затраты на приобретение основных средств и материалов со стороны, которые после перепродавались на другие юридические лица АПХ «Зеленая Долина». С целью уменьшения себестоимости работ и услуг ООО «УК Зеленая Долина» отказалась от данного вида деятельности, и с 2021 г. основные средств и материалы закупаются компаниями агропромышленного холдинга самостоятельно.

Таким образом, в 2021 г. предприятие имеет потенциал получить больший размер чистой прибыли, чем в 2020 г., но лишь при условии получения другими компаниями АПХ «Зеленая Долина» достаточной выручки для достижения поставленной цели.

Стоит отметить, что предприятие создано относительно недавно, и еще не успело построить основную деятельность таким образом, чтобы иметь стабильную прибыль и за ее счет поддерживать собственное функционирование и существование. Говорить о финансовой устойчивости и независимости ООО «УК Зеленая Долина» можно будет лишь после того, как организация выплатит большинство кредитов и займов, а размеры полученной выручки превысят себестоимость выпускаемой продукции.

Однако каким образом организация может повысить свою платежеспособность? Так как основную долю в негативной динамике коэффициента текущей ликвидности занимают коэффициент соотношения собственных средств и краткосрочных обязательств и коэффициент оборачиваемости капитала, именно на их позитивных изменениях необходимо сделать акцент.

Чтобы увеличить величину коэффициента соотношения собственных средств и краткосрочных обязательств, предприятию необходимо погасить большую часть заемных средств и увеличить размер собственных средств.

Оптимальный размер текущей ликвидности составляет от 1,5 до 2,5. Для того, чтобы достигнуть оптимального размера, ООО «УК Зеленая Долина» необходимо увеличить величину показателей, в наибольшей степени влияющих на негативную динамику коэффициента текущей ликвидности, в 2,95 раза.

Для этого увеличим размер нераспределенной прибыли (непокрытого убытка) в указанном размере в 2,95 раза, и в таком случае он составит 27 881, 1 тыс. руб., увеличившись по сравнению с 2020 г. на 42 179,1 тыс. руб.

В том же размере уменьшим стоимость краткосрочных заемных средств. Если в 2021 г. по сравнению с 2020 г. она уменьшится в 2,95 раза, то в будущем периоде она составит 473 810, 17 тыс. руб.

В связи с увеличением стоимости непокрытого убытка и уменьшения стоимости краткосрочных заемных средств последует изменение валюты баланса. В таком случае в 2021 г. она составит 1 073 528,27 тыс. руб.

Исходя из полученных данным определим коэффициент текущей ликвидности ООО «УК Зеленая Долина» на 2021 г.:

$$(0,059 * 3,45 * 0,71) / (0,0507 * 1,77) = 1,61.$$

Таким образом, за счет положительного увеличения размера нераспределенной прибыли (непокрытого убытка), валюты баланса и снижения стоимости краткосрочных заемных средств, организация сможет достигнуть желаемой финансовой зависимости и достигнуть оптимального коэффициента текущей ликвидности.

С учетом того, что в 2020 г. по сравнению с 2019 г. ООО «УК Зеленая Долина» уменьшила размер непокрытого убытка на 81,42%, при аналогичной тенденции для достижения результата в 27 881,1 тыс. руб., ей потребуется 2 года.

По сравнению с предыдущими периодами, стоимости краткосрочных заемных средств на предприятии увеличивается, однако возможно достижение предложенного показателя в 473 810,17 тыс. руб., если организация в двух лет года организация сможет погасить их стоимость на 923 927,83 тыс. руб., что составляет 66,1% от их текущей стоимости.

Также при уменьшении стоимости краткосрочных заемных средств в 2,95 раза ООО «УК Зеленая Долина» становится более экономически привлекательна для потенциальных инвесторов, т.к. в положительную сторону изменится и коэффициент отношения долга к EBITDA:

$$450 058,17 / 96 234 = 4,68.$$

Конечно, данный показатель еще не достигает установленной нормы, равной 3 (трем), однако уже практически в пять раз уменьшается по сравнению с показателем 2020 г., что нельзя не отметить как положительный факт.

Таким образом, использование предложенных мероприятий позволит ООО «УК Зеленая Долина» регламентировать все применяемые на предприятии способы ведения бухгалтерского учета, отражения операций и формы первичных документов. Будут устранены вы-

явленные несовершенства при закрытии года в программе 1С: УСХП. Переход на МСФО позволит организации упростить процесс ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской отчетности, а также выйти на международный рынок.

Предложенные мероприятия по повышению финансовой устойчивости позволят вывести предприятие из состояния зависимости от внешних источников финансирования и неспособности погасить большинство существующих долгов за счет собственных средств, а также позволит ООО «УК Зеленая Долина» в глазах потенциальных инвесторов экономически привлекательным.

Кроме приведенных выше мероприятий, ООО «УК Зеленая Долина» можно также предложить следующие способы повышения финансовой устойчивости:

- снижение дебиторской задолженности, чего можно добиться путем осуществления досрочной оплаты по сделкам, использование бартерных сделок, использование системы скидок для постоянных покупателей и т.д.;

- обеспечение оборачиваемости капитала в текущих активах, в результате чего произойдет относительное сокращение на рубль товарооборота;

- грамотное управление основными средствами организации, что включает проведение ежегодной переоценки внеоборотных активов, сдача в аренду неиспользуемых основных средств предприятия, использование наименее ресурсозатратных аппаратов и т.д. [12].

Кроме того, ООО «УК Зеленая Долина» необходимо провести дополнительные маркетинговые исследования с целью привлечения новых покупателей и рынков сбыта.

Библиография

1. Российская Федерация. Законы. О бухгалтерском учете: федеральный закон РФ от 06.12.2011г. №402 ФЗ // [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru> – 31.01.2022
2. Российская Федерация. Министерство финансов. О формах бухгалтерской отчетности организаций: приказ Минфина России от 2 июля 2010г. № 66н // [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru> – 31.01.2022
3. Российская Федерация. Министерство финансов. Об утверждении Плана счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности организаций и Инструкция по его применению: приказ Министерства финансов РФ от 31.10.2000 г. № 94н // [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru> – 31.01.2022
4. Гончаренко О.В. Управление финансовыми ресурсами предприятий АПК: теоретический аспект / О.В. Гончаренко, Е.В. Тетюркина // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 12 (59). – С. 1324-1325.
5. Мирошниченко Г.Т. Концептуальные аспекты финансирования инновационного развития сферы АПК / Г.Т. Мирошниченко, И.А. Демешева, В.И. Горматин // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 2. – С. 58.
6. Наседкина Т.И. Основные направления повышения экономической эффективности и платежеспособности организации / Т.И. Наседкина, Л.Н. Груздова // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 6 (107). – С. 961-964.
7. Наседкина Т.И. Оценка инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций / Т.И. Наседкина, Л.А. Решетняк, Л.Н. Груздова, Л.И. Смурова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 3 (15). – С. 73-85.
8. Наседкина Т.И. Правильная организация бухгалтерского учета как основа успешного ведения бизнеса / Т.И. Наседкина, Л.А. Решетняк, Л.Н. Груздова. – Монография. Белгород, 2019.
9. Решетняк Л.А. Международные стандарты финансовой отчетности, необходимость их применения / Л.А. Решетняк, Т.И. Наседкина, Л.Н. Груздова, Л.И. Смурова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – № 4 (12). – С. 69-75.
10. Решетняк Л.А. Финансовая устойчивость – гарантия инвестиционной привлекательности организаций / Решетняк Л.А., Кретова И.Н. // В сборнике: Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий. Материалы XX Международной научно-производственной конференции. – 2016. – С. 366-367.
11. Тетюркина Е.В. Финансовая устойчивость аграрных предприятий: показатели и методика определения / Е.В. Тетюркина, И.А. Демешева // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 10 (57). – С. 987-990.
12. Черных А.И. Особенности и инструменты финансирования инвестиционных процессов в аграрном производстве / А.И. Черных, О.В. Гончаренко // Российский экономический интернет-журнал. – 2018. – № 4. – С. 120.

13. Черных А.И. Формирование устойчивого экономического развития интегрированных формирований в регионе / А.И. Черных, О.В. Гончаренко // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2015. – С. 208.

References

1. The Russian Federation. Laws. About accounting: Federal Law of the Russian Federation dated 06.12.2011. No. 402 FZ // [Electronic resource]. – URL: <http://www.consultant.ru> – 31.01.2022
2. The Russian Federation. On the forms of accounting statements of organizations: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation No. 66n dated July 2, 2010 // [Electronic resource]. – URL: <http://www.consultant.ru> – 31.01.2022
3. The Russian Federation. Ministry of Finance. On approval of the Accounting Plan of financial and economic activities of organizations and Instructions for its application: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation No. 94n dated 31.10.2000 // [Electronic resource]. – URL: <http://www.consultant.ru> – 31.01.2022
4. Goncharenko O.V. Financial resources management of agricultural enterprises: a theoretical aspect / O.V. Goncharenko, E.V. Tetyurkina // Competitiveness in the global world: economics, science, technology. – 2017. – № 12 (59). – Pp. 1324-1325.
5. Miroshnichenko G.T. Conceptual aspects of financing innovative development of the agro-industrial complex / G.T. Miroshnichenko, I.A. Demesheva, V.I. Gormatin // Russian Economic Online Journal. –2019. – No. 2. – P. 58.
6. Nasedkina T.I. The main directions of increasing the economic efficiency and solvency of the organization / T.I. Nasedkina, L.N. Gruzdova // Economics and entrepreneurship. – 2019. – № 6 (107). – Pp. 961-964.
7. Nasedkina T.I. Assessment of investment attractiveness of agricultural organizations/ T.I. Nasedkina, L.A. Reshetnyak, L.N. Gruzdova, L.I. Smurova // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2017. – № 3 (15). – Pp. 73-85.
8. Nasedkina T.I. The correct organization of accounting as the basis for successful business / T.I. Nasedkina, L.A. Reshetnyak, L.N. Gruzdova. - Monograph. Belgorod, 2019.
9. Reshetnyak L.A. International Financial Reporting Standards, the need for their application / L.A. Reshetnyak, T.I. Nasedkina, L.N. Gruzdova, L.I. Smurova // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2016. – № 4 (12). – Pp. 69-75.
10. Reshetnyak L.A. Financial stability – a guarantee of investment attractiveness of organizations / Reshetnyak L.A., Kretova I.N. // In the collection: Problems and prospects of innovative development of agrotechnologies. Materials of the XX International Scientific and Industrial Conference. – 2016. – Pp. 366-367.
11. Tetyurkina E.V. Financial stability of agricultural enterprises: indicators and methods of determination / E.V. Tetyurkina, I.A. Demesheva // Competitiveness in the global world: economics, science, technology. – 2017. – № 10 (57). – Pp. 987-990.
12. Chernykh A.I. Features and tools of financing of the investment process in the agrarian production / A.I. Chernykh, O.V. Goncharenko // Russian economic magazine online. – 2018. – №. 4. – P. 120.
13. Chernykh A.I. Formation of sustainable economic development of integrated units in the region / A.I. Chernykh, O.V. Goncharenko // Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. – 2015. – P. 208.

Сведения об авторах

Наседкина Татьяна Ивановна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, т. +79056715937, e-mail: t.nasedkina2012@yandex.ru

Черных Антонина Ивановна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, т. +79040878030 e-mail: a9040878030@yandex.ru

Демешева Ирина Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, т. +79202087349 e-mail: demesheva12@mail.ru

Information about the authors

Nasedkina Tatyana Ivanovna, doctor of Economics, Professor of the Department of Economics, Belgorod state University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, t. +79056715937, e-mail: t.nasedkina2012@yandex.ru

Chernykh Antonina Ivanovna, candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of Economics, Belgorod state University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, t. +79040878030 e-mail: a9040878030@yandex.ru

Demesheva Irina Alekseevna, candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of Economics, Belgorod state University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, t. +. +79202087349 e-mail: demesheva12@mail.ru

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 637.116

В.И. Борозенцев

К РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА ВЫЖИМАЮЩЕГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ

Аннотация. В статье автор обосновывает необходимость разработки и применения для доения коров доильных аппаратов, принцип работы которых основан на выжимании молока из сосков вымени животных, вместо применяемых доильных аппаратов отсасывающего принципа действия. Указывая на то, что доильным аппаратам отсасывающего принципа действия присущ ряд недостатков, таких как: передержка доильных стаканов в конце доения, что является одной из предпосылок заболевания вымени коров маститом; различное давление сосковой резины на сосок по его длине при такте сжатия, что снижает стимуляцию рефлекса молокоотдачи; наблюдается ударное воздействие на сосок, вследствие жесткой работы сосковой резины и др. Известно, что на молочную продуктивность животных влияют различные факторы, такие как технология содержания, кормление, селекция, в то числе и применяемое доильное оборудование. Нельзя не заметить, что от применяемого доильного оборудования зависит производительность операторов доения, продуктивность животных и их здоровье, качество молока, продолжительность лактации и др. Из выше сказанного следует, что применяемые доильные аппараты должны соответствовать морфологическим и функциональным свойствам вымени коров и тем самым обеспечивать стимуляцию рефлекса молокоотдачи во время доения, изменять режимы доения, при изменении интенсивности потока молока, как по вымени в целом, так и отдельным долям и их пропускная способность должна соответствовать максимальной интенсивности молокоотдачи, в связи с вырастающей продуктивностью животных и тем самым исключить обратный ток молока и стабилизировать величину вакуума под соском. В статье автор акцентирует внимание на то, что принципа действия доильных аппаратов выжимающего типа, наиболее приближен к сосанию теленком и способствует полному и безболезненному извлечению молока из вымени и тем самым практически исключает заболеваемость вымени коров маститом. Предложена новая конструкция доильного аппарата выжимающего принципа действия.

Ключевые слова: доильный аппарат, выжимание молока, сосок вымени, доильный стакан, молокоотдача.

TO THE DEVELOPMENT OF THE MILKING MACHINE DESIGN THE SQUEEZING PRINCIPLE OF ACTION

Abstract. In the article, the author substantiates the need to develop and use milking machines for milking cows, the principle of operation of which is based on squeezing milk from the nipples of the udder of animals, instead of the suction principle of the milking machines used. Pointing out that milking machines of the suction principle of action have a number of disadvantages, such as: overexposure of milking cups at the end of milking, which is one of the prerequisites for the disease of the udder of cows with mastitis; different pressure of the nipple rubber on the nipple along its length during the compression stroke, which reduces the stimulation of the breast reflex; there is a shock effect on the nipple, due to the hard work of the nipple rubber, etc. It is known that the dairy productivity of animals is influenced by various factors, such as the technology of keeping, feeding, breeding, including the milking equipment used. It should be noted that the productivity of milking operators, the productivity of animals and their health, the quality of milk, the duration of lactation, etc. depend on the milking equipment used. It follows from the above that the milking machines used should correspond to the morphological and functional properties of the udder of cows and thereby provide stimulation of the milk-giving reflex during milking, change the milking modes, when the intensity of the milk flow changes, both for the udder as a whole and for individual fractions, and their throughput should correspond to the maximum intensity of milk-giving, due to the increasing productivity of animals and thereby eliminate the reverse flow of milk and stabilize the amount of vacuum under the nipple. In the article, the author focuses on the fact that the principle of operation of milking machines of the squeezing type is the closest to sucking by a calf and contributes to the complete and painless extraction of milk from the udder and thereby practically eliminates the incidence of mastitis in the udder of cows. A new design of the milking machine of the squeezing principle of action is proposed.

Keywords: milking machine, milk squeezing, udder nipple, milking cup, milk pumping.

Одними из основных задач отрасли молочного скотоводства является постоянный рост молочной продуктивности коров, при сохранности их здоровья. На молочную продуктивность влияют многочисленные факторы такие как: селекционно-племенная работа - вли-

яющая на выращивания высокоудойных коров; технология содержания и способ кормления; микроклимат животноводческих помещений; непосредственный уход за животными; применяемое доильное оборудование и др.

Так как от применяемого доильного оборудования зависит продуктивность коров, качество молока, сохранность здоровья животных, продолжительность лактационного периода.

Известно, что при машинном доении, доильный аппарат, а именно доильный стакан – является исполнительным механизмом, который непосредственно воздействует с организмом животного (коров, коз, верблюдиц). И от этого непродолжительного взаимодействия, пять-семь минут доения, три или два раза в день зависит продуктивность, здоровье коров и др. [1]. Поэтому применяемое в настоящее время доильное оборудование, при возрастающей продуктивности коров, должно отвечать следующим основным требованиям: изменять режимы работы (давления под соском, частота пульсаций, соотношение тактов) в зависимости от интенсивности потока молока по вымени в целом или по каждой доли вымени в отдельности; полнота выдаивания; соответствие пропускной способности доильного аппарата максимальной интенсивности молокоотдачи; возможность доильного аппарата обеспечивать стимуляцию рефлекса молокоотдачи во время доения; безопасность для вымени коровы.

Следует заметить, что в основном доильные аппараты, как отечественных, так и зарубежных производителей, не изменяют режимов доения в зависимости от фазы доения, интенсивности молокоотдачи, не обеспечивают стимуляцию рефлекса молокоотдачи при нарушениях в процессе доения и др. Поэтому все перечисленные негативные явления как правило приводят к снижению молочной продуктивности коров, заболеваемость вымени маститом, снижению времени лактации и как следствие преждевременному запуску [2].

К доильным аппаратам отсасывающего принципа действия, которые применяются практически на всех доильных установках, присущ ряд недостатков: вследствие жесткой работы сосковой резины, наблюдается ударное воздействие на сосок; в конце доения из-за снижения внутривыменного давления происходит перекрытие канала между цистерной вымени и цистерной соска, вследствие втягивания соска в доильный стакан; работа с постоянными, не изменяющимися в процессе доения параметрами доения, вследствие чего происходит торможения рефлекса молокоотдачи, и как следствие снижение надоя и возникновение предпосылок заболеванию вымени маститом.

В настоящее время исследователи разрабатывают новые доильные аппараты, которые наиболее полно соответствуют физиологии животных. Предлагают конструктивные решения, обеспечивающие изменения в зависимости от потока молока параметры и режимы доения. Однако для достижения этих целей, они тем самым вводят в конструкцию доильных аппаратов дополнительные сборочные единицы, которые позволяют изменять те или иные режимы и параметры доения. Что зачастую приводит не только к усложнению конструкции и увеличению эксплуатационных затрат, а также к снижению надежности, увеличению их объема из-за дополнительных устройств и отсюда как следствие, требуют определенных навыков от операторов машинного доения при их применении [3].

В настоящее время, для создания доильных аппаратов, наиболее полно приближенные по своим технологическим параметрам к физиологическим особенностям молочных желез коров, проводят ряд исследования по изучению морфологических и функциональных свойствам вымени в целом, так и по их отдельным долям [4-6].

Многочисленными исследованиями установлено, что перспективными направлениями в создании доильных аппаратов, являются доильные выжимающего принципа действия. Так как, по их мнению, процесс выведения молока из цистерны соска наиболее приближен к извлечению молока из вымени коровы теленком и тем самым является хорошим раздражителем молочной железы коровы – рефлекса молокоотдачи [7, 8].

Объясняя это тем, что сосательный аппарат телят при извлечении молока из соска вымени, использует не только разряжение, но также и избыточное давление, что является хорошим раздражителем для молочной железы животного. Отмечено, что при извлечении молока из доли вымени, теленок создает не только разряжение в ротовой полости, но и воз-

действует на сосок языком, сдавливая его. Исследованиями установлено, что разрежение, создаваемое теленком в полости рта, составляет примерно 30 кПа, что несомненно ниже, чем вакуум доения в применяемых большинства доильных аппаратах – 48 кПа. Установлено, что разрежение в полости рта теленка так же изменяется, увеличивается до максимального, когда давления на сосок языком также максимально. Поэтому такой естественный способ извлечение молока из долей вымени является эффективным [9].

Результаты исследований показывают, что максимальное давление на сосок составляет не более 82 кПа, с оптимальной частотой пульсаций от 100 до 140 сжатий в минуту. Кроме того принцип последовательности работы деформаторов должны выполняться, как при ручном доении, от основания соска до его кончика [10].

Исследования по определению действующих сил на отдельные участки соска свидетельствуют, что на разные участки искусственного соска оказались различны. Искусственный сосок был изначально разделен на четыре отдельные камеры. Исследованиями установлено, что наибольшее воздействие оказывалось теленком на камеры вторую и третью, сдавливанием равным 32 кПа и 36 кПа [11].

Отмечено, на разницу сил, действующих на различные части соска, в зависимости от поступающего молока из искусственного соска. Установлено, что с увеличением поступающего молока усилие воздействия на сосок и величина вакуума незначительно, но снижались.

Состояние сфинктера соска так же влияет на изменения усилия воздействия пальцев дояра при выдавливании молока из сосков.

Так же установлено, что при ручном доении давление на сосок от указательного пальца до мизинца уменьшается. Кроме того, давление пальцев на сосок напрямую зависит от степени расслабления сфинктера соска вымени. Лабораторными исследованиями определили давление пальцев рук на сосок вымени, которые составили, начиная с указательного пальца соответственно – 24, 93, 62 и 48 кПа. Также исследованиями определено, что число циклов сжатия, составило от 64 до 130 в минуту, которое уменьшалось к концу доения [1].

Известно, что вакуумметрическое давление, создаваемое полостью рта теленка примерно 30 кПа, что ниже вакуума доения современными доильными аппаратами – 33...52 кПа. Однако изменение давления в ротовой полости теленка изменяется в большую сторону, когда давление, создаваемое на сосок максимально, и снижается в конце извлечения молока из вымени животного. Такое естественное извлечение молока из долей вымени наиболее эффективно [10].

Положительной стороной применения доильных аппаратов выжимающего принципа действия является то, что при доении вакуум под соском составляет в среднем 20...25 кПа, что значительно ниже, чем у доильных аппаратов отсасывающего принципа действий (48 кПа). Это позволяет значительно снизить заболеваемость вымени коров маститом. И это давление доения обеспечивает транспортировку молока и достаточно для удержания доильного аппарата на долях вымени животного. Кроме этого, при сжатии деформаторами сосковой резины, не наблюдается сильного сдавливания кончика соска, присущего доильным аппаратам отсасывающего принципа действия [12].

Анализ, приведенный в статье, свидетельствует, что разработанные доильные аппараты конструктивно сложны, иногда требуют дополнительное оборудование для настройки на заданные параметры доения. Кроме того, из-за дополнительных устройств зачастую вызывают неудобство операторам доения при установке их на соски вымени.

На рисунке 1 представлена классификация известных технических в области разработок доильных аппаратов выжимающего принципа действия.

Из классификации видно, что разработка доильных аппаратов с оптимальными технологическими параметрами привели к разнообразию конструкций, различных технологических параметров и режимов. Большинство предложенных технических решений, как правило сложны в конструкции и эксплуатации. Вследствие чего их применение на производстве не нашло отклика, даже при их изменяющихся технологических параметрах доения в зависимости от интенсивности потока молока.

Поэтому разработка доильных аппаратов, принцип действия которых основан на выжимании молока из соска вымени, является перспективным направлением, так как они обеспечивают стимулирующее воздействие на возбуждения рефлекса молокоотдачи, способствующее полному и быстрому извлечению молока из вымени и при этом, не нанося вреда здоровью коровы.

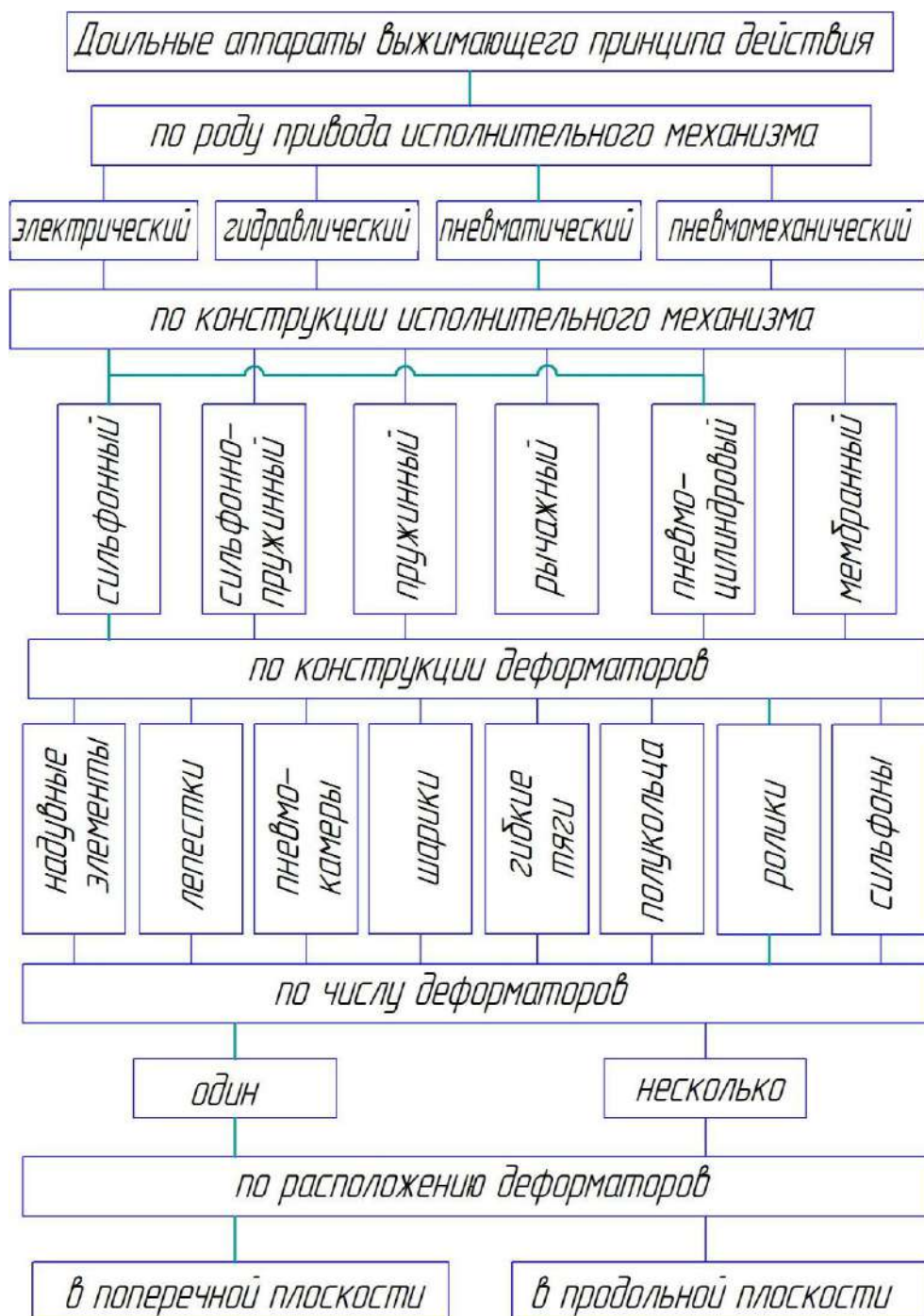


Рис. 1 – Классификация доильных аппаратов выжимающего принципа действия

Разработанный доильный аппарат выжимающего принципа действия состоит из доильных стаканов 1 и коллектора 26 соединенные молочными патрубками 22 (рисунок 2) [13]. Каждый доильный стакан 1 содержит корпус 2, к которому прикреплены механизм прижатия 10 и механизм перемещения 16. Механизм прижатия выполнен в виде держателя 7, прикрепленного к корпусу 2 и выполнен в виде двух гофр 6 и 8. Гофра 8 соединена с задней крышкой 9 и ее шток 11 соединен с передней крышкой 5 гофры 6. Причем передняя крышка 5

жестко прикреплена к кронштейну 3. Деформаторы соска выполнены в виде двух усеченных конусов 43, находящихся на оси 41, с возможностью вращения. На оси 41 между усеченными конусами 43 расположена втулка 42, которая тягой 15 шарнирно соединена с поршнем 17 механизма перемещения 16.

С противоположной стороны механизма прижатия 10 расположена вставка 40, охватывающая полукольцом сосковую резину 44. Межстенная камера 38 соединена с подсосковой камерой 39 посредством патрубка 36 и воронки 37, в которой выполнено калиброванное отверстие 35. Двухполупериодный пульсатор 21 первой камерой 19 соединен вакуумшлангом 18 с механизмом перемещения 16 и вакуумшлангом 14 через штуцер 12 с гофрой 8 механизма прижатия 10, а второй камерой 20 двухполупериодный пульсатор 21 посредством вакуумшланга 13 с гофрой 6. Коллектор доильного аппарата 26 выполнен в виде камеры постоянного вакуума 27, переменного вакуума 29 и распределительной камеры 32, разделенных между собой мембраной 28 с перегородкой, содержащей калиброванное отверстие 23. Распределительная камера 32 содержит пружину 30, которая нижним концом взаимодействует с мембраной 28, а верхним через шайбу 31 с регулировочным винтом 33.

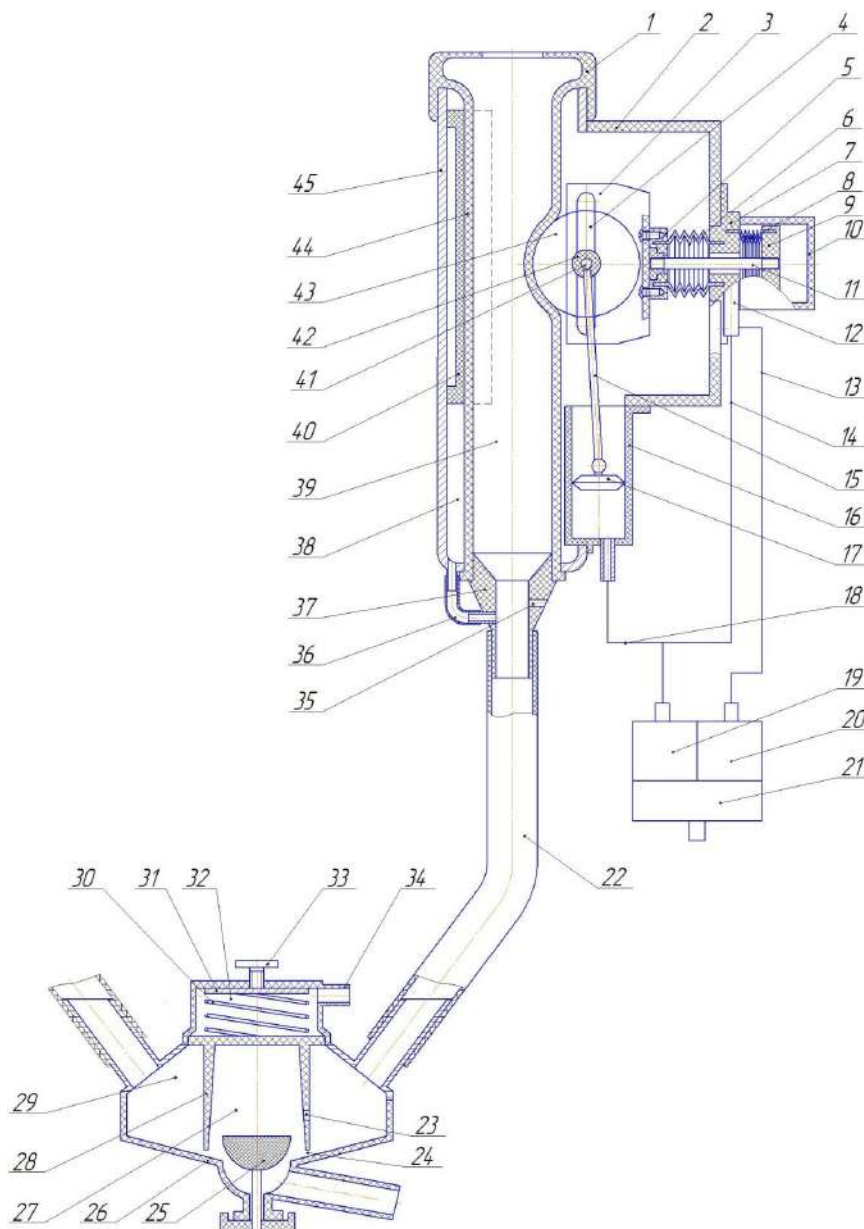
Принцип работы заключается в следующем. При поступлении в распределительную камеру 32 коллектора 26 по патрубку 34 вакуума от пульсатора (на схеме не показан) выполняется такт выжимания. Одновременно вакуум из первой камеры 19 двухполупериодного пульсатора 21 по вакуумшлангу 14 через штуцер 12 поступает в гофру 8 механизма прижатия 10 и по вакуумшлангу 18 в механизм перемещения 12. Одновременно из второй камеры 20 двухполупериодного пульсатора 21 по вакуумшлангу 13 атмосферный воздух поступает в гофру 6. При поступлении вакуума в гофру 8, она сжимается и ее задняя крышка 9 со штоком 11 перемещается в влево, гофра 6 растягивается и ее передняя крышка 5 перемещает кронштейн 3 с конусами 43 и пережимает сосковую резину 44 и соответственно сосок у его основания. Одновременно при поступлении вакуума в пневмоцилиндр механизма перемещения 16, его поршень 17 перемещается вниз, увлекая за собой тягу 15, которая перемещает конуса 43 по пазам 4 кронштейна 3. При перекачивании конусов 43 вниз происходит выжимание молока из цистерны соска.

При поступлении в распределительную камеру 32 коллектора 26 по патрубку 34 атмосферного воздуха от пульсатора (на схеме не показан) происходит такт отдыха. За счет изменения разности давлений и под действием усилия пружины 30, мембрана 28 прогибается вниз и закрывает кольцевую щель 24. При этом вакуум поступает из камеры постоянного вакуума 27 через калиброванное отверстие 23, выполненное в перегородке мембраны 28 в подсосковую камеру 39 доильного стакана 1. За счет подсоса воздуха через калиброванное отверстие 35 в воронке 37 в подсосковой камере 39 устанавливается удерживающий вакуум, который так же поступает и межстенную камеру 38 доильного стакана 1 по патрубку 36.

Одновременно при такте отдыха поступает из первой камеры 19 двухполупериодного пульсатора 21 атмосферное давление поступает по вакуумшлангу 18 в поршневую полость механизма перемещения 16 и по вакуумшлангу 14 в гофру 8 и из второй камеры 20 двухполупериодного пульсатора 21 вакуум по вакуумшлангу 13 поступает в гофру 6.

При поступлении вакуума гофра 6 она сжимается и перемещает вправо переднюю крышку 5 вместе с кронштейном 3, вследствие чего конуса 43 также перемещаются вправо и освобождают сосковую резину 44 и сосок вымени от своего воздействия. При этом шток 11 перемещается вправо, растягивая гофру 8, и задняя крышка 9 занимает первоначальное положение. Одновременно из-за разности давлений, в поршневой полости механизма перемещения 16 – атмосферное давление, а в штоковой – вакуум, поршень 17 перемещается вверх и через тягу 15, втулку 42 перемещает усеченные конуса 43 по вертикальным пазам 4 кронштейна 3 вверх и они занимают первоначальное положение у основания соска.

Таким образом, осуществляется рабочий процесс доильного аппарата выжимающего принципа действия.



1-доильный стакан; 2-корпус; 3-кронштейн; 4-паз; 5-крышка передняя; 6, 8-гофра; 7-держатель; 9-крышка задняя; 10-механизм прижатия; 11-шток; 12-штуцер; 13, 14, 18-вакуумшланг; 15-тяги; 16-механизм перемещения; 17-поршень; 19-камера первая; 20-камера вторая; 21-двухполупериодный пульсатор; 22-патрубок молочный; 23, 34-калиброванное отверстие; 24-кольцевая щель; 25-клапан; 26-коллектор; 27-камера постоянного вакуума; 28-мембрана; 29-камера переменного вакуума; 30-пружина; 31-шайба; 32-камера распределительная; 33-винт регулировочный; 34, 36-патрубок; 37-воронка; 38-камера межстенная; 39-подсосовая камера; 40-вставка; 41-ось; 42-втулка; 43-конус; 44-сосковая резина; 45-гильза

Рис. 2 – Доильный аппарат

В разрабатываемом доильном аппарате при такте отдыха мембрана прогибается, закрывает кольцевую щель, обеспечивающую поступление вакуума в подсосовые камеры доильного стакана. Для удержания доильного стакана при такте отдыха на соске вымени в подсосовой камере по согласно технологическим параметрам, величина вакуума должна составлять – 20...22 кПа. Поэтому для обеспечения требуемой величины вакуума под соском необходимо определить диаметр калиброванного отверстия d_1 в перегородке мембраны, через которое происходит отсос воздуха из камеры переменного вакуума коллектора (и далее из подсосовой камеры доильного стакана) и диаметр калиброванного отверстия d_2 в конусе доильного стакана, через который поступает атмосферный воздух в подсосовую камеру доильного стакана.

Известно, что скорость изменения давления в подсосковой камере доильного стакана зависит от значения в ней давления. Поэтому скорость изменения давления в подсосковой камере можно записать в виде:

$$\frac{dh}{dt} = P_6 \frac{\mathcal{G}_n - \mathcal{G}_o}{V_k} \quad (1)$$

где d_h – текущее значение давления в подсосковой камере, Па; dt – длительность процесса, с; P_6 – значение разряжения, Па; \mathcal{G}_n – скорость поступления в подсосковую камеру атмосферного воздуха, м³/с; \mathcal{G}_o – скорость отсасывания через калиброванное отверстие в перегородке мембраны воздуха, м³/с; V_k – объем подсосковой камеры доильного стакана.

Тогда скорость откачки воздуха из подсосковой камеры через калиброванное отверстие можно определить по следующему выражению:

$$\mathcal{G}_o = \frac{\pi \cdot d_1^4}{128\mu \cdot l_1} (h - P_6) \quad (2)$$

где, d_1 – диаметр калиброванного отверстия в перегородке мембраны для отсоса воздуха, м; l_1 – длина калиброванного отверстия; μ – динамическая вязкость воздуха, Па.с ($\mu = 18,1 \times 10^{-6}$ Па.с).

Тогда скорость поступления атмосферного давления в подсосковую камеру через калиброванное отверстие в конусе определяем по следующей формуле:

$$\mathcal{G}_n = \frac{\pi \cdot d_2^4}{128\mu \cdot l_2} (P_a - h) \quad (3)$$

где, d_2 – диаметр калиброванного отверстия в конусе, м; l_2 – длина калиброванного отверстия в конусе, м; P_a – атмосферное давление, Па.

При установлении в подсосковой камере доильного стакана заданного вакуума P_3 , равенство будет равно:

$$\mathcal{G}_o = \mathcal{G}_n. \quad (4)$$

Поэтому с учетом коэффициента Пуазейля выражение (4) примет следующий вид:

$$\frac{\pi \cdot d_1^4}{128\mu \cdot l_1} (P_3 - P_6) = \frac{\pi \cdot d_2^4}{128\mu \cdot l_2} (P_a - P_3), \quad (5)$$

где, P_3 – заданное давление, Па.

Преобразовав выражение (5), получим:

$$d_2 = d_1^4 \sqrt[4]{\frac{l_2 (P_3 - P_6)}{l_1 (P_a - P_3)}}. \quad (6)$$

Преобразовав выражение (6), с учетом выражений (2) и (3) и проинтегрировав его в пределах от P_6 до h_1 , рассчитаем время t , за которое давление в подсосковой камере доильного стакана достигнет заданной величины:

$$t = \int_{P_3}^{h_1} \frac{128\mu l_1 V_k (P_a - P_3)}{\pi d_1^4 (P_a - P_6) P_6} \cdot l_n \frac{P_3 - P_6}{P_3 - h_1} . \quad (7)$$

Задаваясь заданным давлением и временем его изменения, из выражения (5) определяем диаметр калиброванного отверстия в перегородке мембраны, обеспечивающего откачку воздуха из подсосковой камеры доильного стакана:

$$d_1 = \sqrt[4]{\frac{128 V_k l_1 (P_a - P_3)}{\pi P_6 (P_a - P_6)}} l_n \frac{P_3 - P_6}{P_3 - h_1}. \quad (8)$$

Из уравнения (5) определяем диаметр калиброванного отверстия в конусе, через которое поступает атмосферное давление в подсосковую камеру доильного стакана:

$$d_2 = \sqrt[4]{\frac{128 V_k \mu l_2 (P_3 - P_6)}{\pi P_6 (P_a - P_6)}} l_n \frac{P_3 - P_6}{P_3 - h_1} \quad (9)$$

Полученные зависимости позволяют нам определить конструктивные параметры предлагаемого доильного аппарата при заданных технологических параметрах доения или при их изменении.

На основании выполненных расчетов определены основные конструктивные параметры предлагаемого доильного аппарата, исходя из того, что при такте выжимания, усилие сжатия соска вымени не более 82 кПа [10]. Установлено, что для обеспечения требуемого усилия прижатия усеченными конусами соска вымени, с учетом всех сил противодействия, средний диаметр гофры должен составлять 16 мм, с ее рабочей длиной, учитывая номер сосковой резины – 25 мм. Определен диаметр поршня пневмоцилиндра механизма перемещения, обеспечивающий требуемое усилие, необходимое для перекачивания усеченных конусов, при выжимании молока из соска вымени, который составил 12 мм, длину пневмоцилиндра, исходя из максимальной длины сосков, приняли – 80 мм [1].

Выводы. Приведенный в статье анализ показал, что в основном в настоящее время для доения животных применяются доильные аппараты отсасывающего принципа действия, не изменяющие параметров доения, в зависимости от молокоотдачи долей вымени или вымени в целом.

1. Многочисленными исследованиями установлено, что доения постоянным высоким вакуумом (48 кПа) зачастую приводит к негативным последствиям, таким как: неполнота выдаивания, «сухое» доение; уменьшение времени лактации; иногда даже к преждевременной выбраковке коров. Ряд исследователей считают, что перспективным направлением в области разработки доильных аппаратов, которые бы соответствовали морфофункциональным свойствам вымени животных – доильные аппараты выжимающего принципа действия.

2. Применение доильных аппаратов выжимающего принципа действия позволит снизить заболеваемость вымени коров маститом на 8...10 %, из-за низкого вакуума под соском 20...25 кПа и повысить производительность труда доильной установки на 15...18%, так как оператор машинного доения может работать одновременно с большим числом доильных аппаратов.

Библиография

1. Соловьев С.А., Карташов Л.П. Исполнительные механизмы системы «человек – машина – животное». Екатеринбург: УрОРАН. 2001. 180 с.
2. Мартынов Е.А. Современные тенденции развития доильного оборудования // Материалы XXIII Международной научно-практической конференции «Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее». Белгород, Издательство Белгородский ГАУ, 2019. С. 88-89.
3. Мартынов Е.А. Адаптивные доильные аппараты // Материалы XX Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития технологий». Белгород : Издательство Белгородский ГАУ, 2016. С. 43-44.
4. Кудрин М.Р. Морфофункциональные свойства вымени коров и их молочная продуктивность // Аграрная Россия. – 2016. № 4. С. 12-14.
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. 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.
7. Ужик В.Ф., Кучумов В.В., Харцызов А.Н. К созданию выжимающих доильных аппаратов // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения / Материалы V научно-производственной конференции. Белгород, 2001. С. 99-100.
8. Ужик В.Ф., Кучумов В.В., Харцызов А.Н. Доильные аппараты выжимающего принципа действия / Учебное пособие. Белгород : Издательство Белгородской ГСХА, 2003. 71 с.
9. Пейнович М.Л. Новое в физиологии лактации и доении. Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1996. 136 с.

10. Марченко Г.М. Сравнительная физиологическая оценка доильных аппаратов, работающих по принципу сосания и выжимания // VI Всесоюзн. симпоз. по машинному доению сельскохозяйственных животных: Тез. доклада. М., 1983. Ч. 1. С. 54-55.
11. Бабкин В.П., Ермолаев Л.М. Роль вакуума в сжатии соска при выведении молока из соска // Материалы III Всесоюзного симпозиума по физиологическим основам машинного доения. Ереван: изд-во Ереван, 1974. С. 16-18.
12. Ужик В.Ф., Кокарев П.И. Выжимающий доильный аппарат // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 3 (11). С. 67-70.
13. Ужик В.Ф., Борозенцев В.И. К обоснованию конструкции доильного аппарата выжимающего принципа действия // Материалы XXI Международной научно-практической конференции «Проблемы и решения современной аграрной экономике». Белгород, Издательство Белгородский ГАУ, 2017. С. 100-101.

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. Martynov E.A. Sovremennye tendencii razvitiya doil'nogo oborudovaniya [Modern trends in the development of milking equipment] // Materialy XXIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacionnye resheniya v agrarnoy nauke – vzglyad v budushchee». Belgorod, Izdatel'stvo BelGAU, 2019. S. 88-89.
3. Martynov E.A. Adaptivnye doil'nye apparaty [Adaptive milking machines] // Materialy XX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy i perspektivy innovacionnogo razvitiya tekhnologij». Belgorod, Izdatel'stvo BelGAU, 2016. S. 43-44.
4. 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.
5. Anisimova E.I., Katmakov P.S. Ocenka morfofunkcional'nyh svojstv vymeni korov simmental'skoj porody raznyh vnutripородnyh tipov [Assessment of morphofunctional properties of udder of Simmental cows of different in-trabreed types] // Vestnik Nizhegorodskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 3. S. 64-68.
6. 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.
7. Uzhik V.F., Kuchumov V.V., Harcyov A.N. K sozdaniyu vyzhimayushchih doil'nyh apparatov [To the creation of squeezing milking machines] // Problemy sel'skohozyajstvennogo proizvodstva na sovremennom etape i puti ih resheniya / Materialy V nauchno-proizvodstvennoj konferencii. Belgorod, 2001. S. 99-100.
8. Uzhik V.F., Kuchumov V.V., Harcyov A.N. Doil'nye apparaty vyzhimayushchego principa dejstviya [Milking machines of the squeezing principle of action] / Uchebnoe posobie. Izdatel'stvo Belgorodskoj GSKHA. Belgorod, 2003. S. 71.
9. Pejnovich M.L. Novoe v fiziologii laktacii i doenii [New in the physiology of lactation and milking] Novosibirsk: Zap. – Sib. kn. izd – vo, 1996. 136 s.
10. Marchenko G.M. Sravnitel'naya fiziologicheskaya ocenka doil'nyh apparatov, rabotayushchih po principu sosaniya i vyzhmaniya [Comparative physiological evaluation of milking machines operating on the principle of sucking and squeezing] // VI Vsesoyuzn. simpoz. po mashinnomu doeniyu sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh: Tез. doklada. М., 1983. CH. 1. S. 54-55.
11. Babkin V.P., Ermolaev L.M. Rol' vakuuma v szhatii soska pri vyvedenii moloka iz soska [The role of vacuum in nipple compression when removing milk from the nipple] // Materialy III Vsesoyuznogo simpoziuma po fiziologicheskim osnovam mashinnogo doeniya. Erevan.: izd-vo Erevan, 1974. S. 16-18.
12. Uzhik V.F., Kokarev P.I., Vyzhimayushchij doil'nyj apparat [Squeezing milking machine] // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva. 2013. № 3 (11). S. 67-70.
13. Uzhik V.F., Borozencev V.I. K obosnovaniyu konstrukcii doil'nogo apparata vyzhimayushchego principa dejstviya [To substantiate the design of the milking machine squeezing principle of action] // Materialy XXI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy i resheniya sovremennoj agrarnoj ekonomike». Belgorod, Izdatel'stvo BelGAU, 2017. S. 100-101.

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 631.363:636.086.5

С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, А.Ф. Окунев, Р.З. Байрамов

КОНВЕЙЕРНАЯ СУШИЛКА ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА

Аннотация. Организм животных и птицы приспособлен к потреблению зеленых кормов, в которых содержатся необходимые макро, микроэлементы и витамины, необходимые для нормальной жизнедеятельности. Современные технологии раздачи корма на животноводческих комплексах позволяют кормить животных и птицу в основном сухим кормом, в котором нет места зеленым кормам. Известно, что пророщенное зерно ячменя содержит натуральные витамины, которых не хватает животным и птице, когда их содержат безвыгульно. Высокая влажность пророщенного зерна более 50% делает невозможным его хранение. Чтобы пророщенное зерно можно было заготавливать, хранить и транспортировать необходимо из него удалить влагу методом сушки. Особенность пророщенного зерна состоит в том, что оно состоит из зерновки и ростка, которые имеют разные геометрические размеры, в том числе толщину и обладают разными физико-механическими свойствами. Зерновка имеет толщину 4...5 мм, а росток – доли миллиметра. После процесса сушки необходимо получить конечную влажность массы 14%. Конвективный способ сушки, который применяют при сушке обычного зерна, не подходит, т.к. будет наблюдаться разная скорость сушки зерновки и ростка и будет получаться различная конечная влажность. Разработана сушилка, в которой удаление влаги происходит последовательно разными способами. Нагрев пророщенного зерна осуществляют инфракрасное лампами, а последующее удаление влаги с поверхности продукта осуществляют конвективным способом, затем выполняют охлаждение продукта. Предложена методика расчета технологических параметров сушилки. Скорость испарения влаги с поверхности пророщенного зерна составляют 0,000157 кг/(м² сек). Определено, чтобы нагреть единичную зерновку до средней температуры 50°C поглощенный зерновкой тепловой поток излучения должен составлять 0,61 Вт, а средняя мощность инфракрасного излучателя для нагрева 1 кг продукта должна составлять 24,4 Вт. Удельный расход сушильного агента для испарения 1 кг влаги составляет 83,33 кг/кг.

Ключевые слова: сушка пророщенного зерна, инфракрасное излучение, влажность, конвейерная сушилка.

SEED GRAIN CONVEYOR DRYER WITH APPLICATION OF INFRARED HEATING

Abstract. The organism of animals and poultry is adapted to the consumption of green fodder, which contains the necessary macro, microelements and vitamins necessary for normal life. Modern technologies for distributing feed at livestock complexes make it possible to feed animals and birds mainly with dry food, in which there is no place for green fodder. It is known that germinated barley grain contains natural vitamins that animals and birds lack when they are kept without walking. The high moisture content of germinated grain over 50% makes it impossible to store it. In order for germinated grain to be harvested, stored and transported, it is necessary to remove moisture from it by drying. The peculiarity of the germinated grain is that it consists of a grain and a sprout, which have different geometric dimensions, including thickness, and have different physical and mechanical properties. The grain has a thickness of 4-5 mm, and the sprout is a fraction of a millimeter. After the drying process, it is necessary to obtain a final mass moisture content of 14%. The convective drying method, which is used when drying ordinary grain, is not suitable, because different rates of drying of the grain and sprout will be observed and different final moisture will be obtained. A dryer has been developed in which moisture removal occurs sequentially in different ways. The germinated grain is heated by infrared lamps, and the subsequent removal of moisture from the surface of the product is carried out by the convective method, then the product is cooled. A method for calculating the technological parameters of the dryer is proposed. The rate of moisture evaporation from the surface of germinated grain is 0,000157 kg/(m² sec). It was determined that in order to heat a single grain to an average temperature of 50 °C, the heat radiation flux absorbed by the grain should be 0,61 W, and the average power of the IR emitter for heating 1 kg of product should be 24,4 W. The specific consumption of the drying agent for evaporation of 1 kg of moisture is 83,33 kg/kg.

Keywords: germinated grain drying, infrared radiation, humidity, conveyor dryer.

Введение. Чтобы получить наибольший выход животноводческой продукции при наименьших эксплуатационных затратах необходимо обеспечить наилучшие условия содержания. Учитывая то, что в течение года на территории Российской Федерации меняется погода, а именно: температура, солнечная активность, величина осадков и другие условия, то чтобы животным не тратить собственную энергию на обогрев тела необходимо их содержать в закрытых помещениях круглый год. Следует отметить, что в ходе естественного развития животные и птица использовали в своем рационе питательные вещества, содержащиеся в зе-

леном корме. В то же время при кормлении животных концентрированными кормами с преобладанием комбикорма ощущается недостаток естественных витаминов и микроэлементов, восполнить которые можно добавлением пророщенного зерна [1-2].

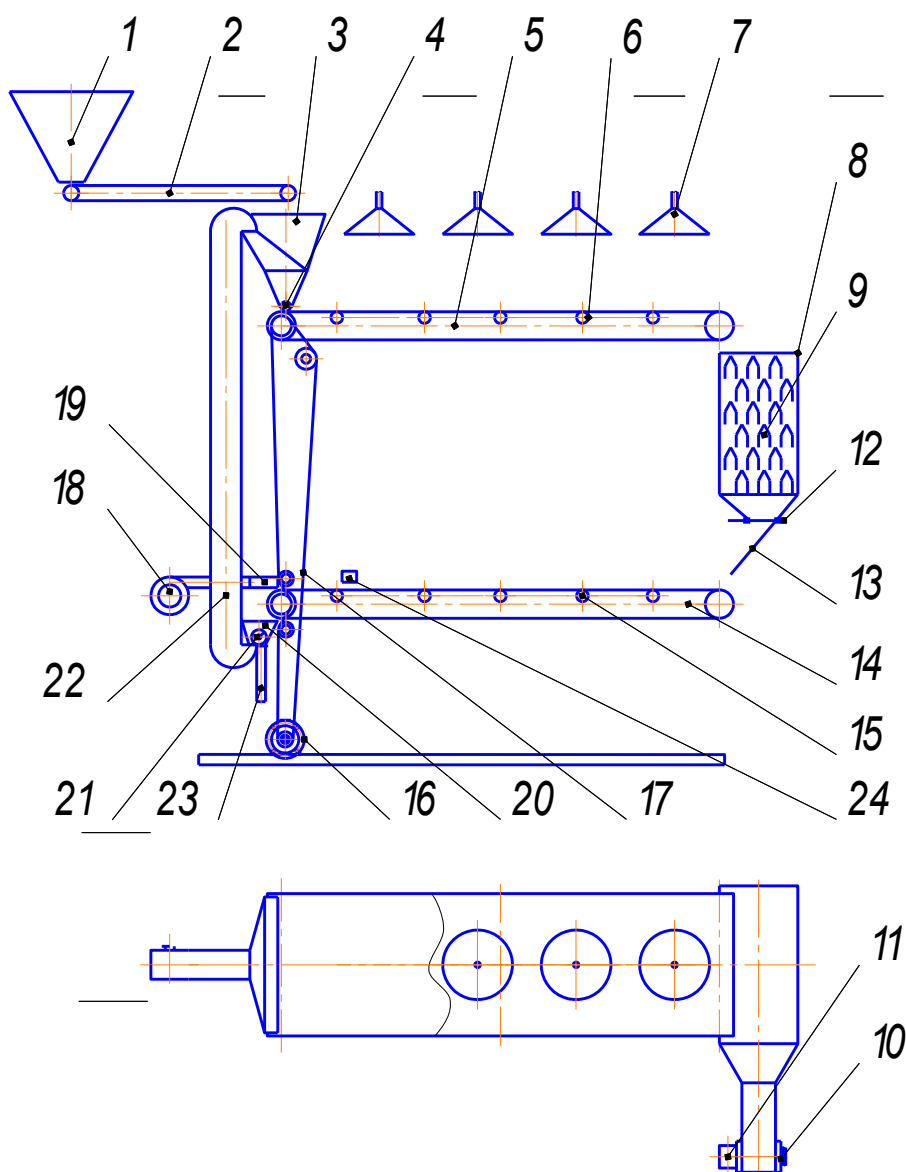
Пророщенное зерно содержит натуральные витамины, которые особенно нужны животным и птице при безвыгульном их содержании. По данным многих ученых, при проращивании в зерне повышается содержание макро- и микроэлементов, каротина, витаминов А, С, Е. При добавлении в комбикорма пророщенного зерна улучшается их поедаемость, повышается усвоение питательных веществ, потому что при проращивании зерна становятся активными ферменты, которые превращают сложные питательные вещества в простые, легко усвояемые в организме взрослых животных и птицы, а также молодняка. Пророщенное зерно, как кормовую добавку, которая содержит витамины необходимо добавлять в корм ежедневно. Влажность пророщенного зерна составляет более 50%, а для длительного хранения его влажность должна составлять 14%. Поэтому пророщенное зерно необходимо подвергать дополнительной обработке, включая сушку [3-16]. В данной статье для сушки пророщенного зерна предлагается использовать конвейерную сушилку с применением ИК нагрева.

Основная часть. Сушилка пророщенного зерна состоит из рамы, которая сверху закрыта каркасом и для снижения теплопотерь теплоизоляционным материалом. В верхней части сушилки установлен загрузочный бункер 1 и подающий транспортер. Причём ниже подающего транспортёра установлен бункер-накопитель 3 (рисунок 1) [8, 10]. В нижней части бункера-накопителя 3 установлен распределительный шнек 4. Ниже распределительного шнека 4 выполнен верхний ленточный транспортёр 5. Верхняя ветвь верхнего ленточного транспортёра 5 опирается на поддерживающие ролики 6. Над верхним ленточным транспортёром 5 установлены инфракрасные лампы 7.

Инфракрасные лампы 7 предназначены для возможности осуществления нагрева зерна на верхнем ленточном транспортёре 5. С противоположной стороны от верхнего ленточного транспортёра 5 от бункера-накопителя 3 установлена сушильная шахта 8. Внутри сушильной шахты смонтированы коробка 9. Короба 9 сушильной шахты 8 выполнены поперёк направления движения верхнего ленточного транспортера 5.

Вентилятор 10 выполнен для возможности подачи воздуха в короба 9, а затем в сушильную шахту 8. Перед вентилятором 10 установлен фильтр-осушитель 11. Фильтр-осушитель 11 необходим для обеспечения возможности снижения влажности в воздухе, который используют для подачи в короба сушильной шахты. В нижней части сушильной шахты 8 выполнена заслонка 12, ниже которой установлен самотек 13. Ниже самотека 13 установлен нижний ленточный транспортер 14. Самотек 13 предназначен для возможности осуществления движения пророщенного зерна с сушильной шахты 8 на нижний ленточный транспортер 14. Верхняя ветвь нижнего ленточного транспортера 14 выполнена с опорой на поддерживающие ролики 15. Верхний ленточный транспортер 5 и нижний ленточный транспортер 14 выполнены с возможностью движения с помощью мотора-редуктора 16 посредством цепной передачи 17. С боку нижнего ленточного транспортера 14 установлен вентилятор 18. Нагнетательный патрубок 19 вентилятора 18 направлен на верхнюю ветвь нижнего ленточного транспортера 14. Вентилятор 18 посредством нагнетательного патрубка 19 предназначен для подачи атмосферного воздуха на верхнюю ветвь нижнего ленточного транспортера 14. Ниже нижнего ленточного транспортёра 14 выполнен выгрузной бункер 20, в нижней части которого установлен шнек 21. Направитель потока предназначен для возможности направления высушенного пророщенного зерна в норию 22, или в выгрузную трубу 23. Нория 22 выполнена с возможностью подачи пророщенного зерна в бункер-накопитель 3. Над верхней ветвью нижнего ленточного транспортёра 14 установлен влагомер 24.

Работа сушилки происходит следующим образом. В загрузочный бункер 1 засыпают пророщенное зерно. Затем из загрузочного бункера 1 посредством ленточного транспортёра 2 пророщенное зерно подают в бункер-накопитель 3. С помощью распределительного шнека 4 пророщенное зерно распределяют по ширине бункера-накопителя 3. Затем пророщенное зерно подают на верхнюю ветвь верхнего ленточного транспортёра 5.



1 – бункер загрузочный; 2 – транспортер ленточный; 3 – бункер-накопитель; 4 – шнек-распределитель; 5 – транспортер ленточный; 6 – ролик поддерживающий; 7 – инфракрасная лампа; 8 – сушильная шахта; 9 – короб; 10 – вентилятор; 11 – фильтр-осушитель; 12 – заслонка; 13 – самотек; 14 – транспортер ленточный; 15 – ролик; 16 – мотор-редуктор; 17 – передача цепная; 18 – вентилятор; 19 – нагнетательный патрубок; 20 – бункер-выгрузной; 21 – шнек; 22 – нория; 23 – труба выгрузная; 24 – влагомер

Рис. 1 – Схема сушилки пророщенного зерна

Во время подачи пророщенного зерна на верхний ленточный транспортёр 5 с помощью мотора-редуктора 16 с цепной передачей 17 перемещают верхний ленточный транспортёр 5 до тех пор, пока пророщенное зерно не распределит по всей длине верхнего ленточного транспортёра 5. С помощью инфракрасных ламп 7 нагревают пророщенное зерно, которое расположено на ленте верхнего ленточного транспортёра 5. В процессе нагрева поверхности пророщенного зерна влага с внутренней части поднимается к поверхности пророщенного зерна. Затем включают мотор-редуктор 16 и при помощи цепной передачи 17 перемещают верхний ленточный транспортёр 5 и нагретое пророщенное зерно перемещают в сушильную шахту 8. С помощью вентилятора 10 атмосферный воздух протягивают через фильтр-осушитель 11 и подают в короба 9. Сухой атмосферный воздух из коробов подают в сушильную шахту 8, затем в пространство между пророщенным зерном, воздух насыщают влагой с поверхности пророщенного зерна и удаляют в атмосферу. Пророщенное зерно со сниженным содержанием влаги через открытую заслонку 12 посредством самотёка 13 подают на нижний

ленточный транспортёр 14. Затем мотором редуктором 16 с цепной передачей 17 перемещают ленточный транспортёр 14 до тех пор, пока не распределят пророщенное зерно по всей длине ленточного транспортёра 14. Вентилятором 18 через нагнетательный патрубок 19 подают атмосферный воздух на пророщенное зерно, которое расположено на ленточном транспортёре 14. Затем влагомером 24 измеряют влажность пророщенного зерна. Если фактическая влажность пророщенного зерна больше, чем заданная, то включают ленточный транспортёр 14 и пророщенное зерно перемещают в выгрузной бункер 20. С помощью шнека 21 пророщенное зерно перемещают к направлятелю потока, которым направляют пророщенное зерно на норию 22. Норией 22 направляют пророщенное зерно в бункер-накопитель 3. Затем процесс сушки повторяют. Если фактическая влажность пророщенного зерна равна установленной, то включают нижний ленточный транспортёр 14 и пророщенное зерно перемещают в выгрузной бункер 20. С помощью шнека 21 пророщенное зерно перемещают к направлятелю потока, которым направляют пророщенное зерно в выгрузную трубу 23 на выгрузку из сушилки пророщенного зерна.

В предложенной сушилке сушка пророщенного зерна состоит из последовательно протекающих этапов:

- пророщенное зерно, состоящее из ростков с зерновками, раскладывают на ленточном транспортёре, а затем нагревают ИК облучением, в результате влага поднимается к поверхности зерновки и ростков;
- пророщенное зерно обдувают сушильным агентом, у которого воздух предварительно пропущен через фильтр осушитель;
- подогретое высушенное пророщенное зерно охлаждают. Для этого обдувают его атмосферным воздухом.

Расчет параметров сушилки может быть проведен с учетом методологии, изложенной в работе [11, 12].

Для расчета параметров процесса ИК сушки реализованного в данной конструкции целесообразно рассмотреть тепловые процессы на примере единичного объекта (пророщенного зерна).

На начальном этапе сушки происходит нагрев зерновки инфракрасными лампами. В этом случае, согласно расчетной схеме (рисунок 2), поглощенный зерновкой тепловой поток излучения Q_A по закону сохранения энергии распределится следующим образом:

$$Q_A = Q_S + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{конд}} + Q_{\text{исп}}, \quad (1)$$

где Q_S – тепловой поток, отдаваемый излучением в окружающую среду, Вт; $Q_{\text{конв}}$ – тепловой поток, отдаваемый конвекцией в окружающую среду, Вт; $Q_{\text{конд}}$ – тепловой поток, передаваемый кондукцией в пророщенное зерно, Вт; $Q_{\text{исп}}$ – тепловой поток, уходящий из зерна с испаренной влагой, Вт.

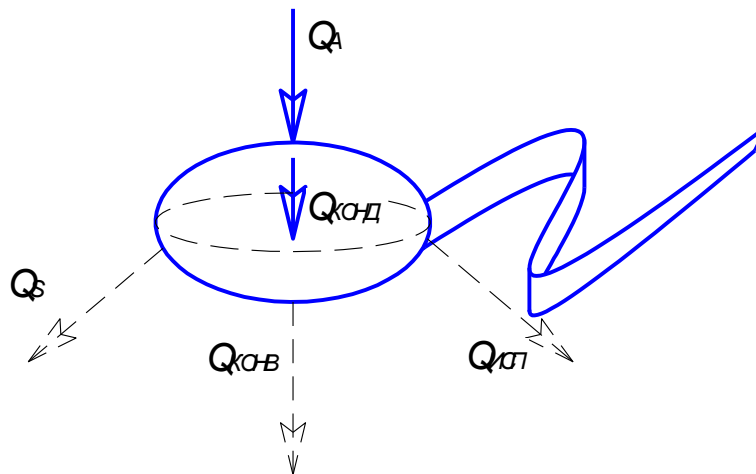


Рис. 2 – Схема распределения поглощенного теплового потока в пророщенном зерне

Величина поглощенного теплового потока за счет излучения определяется по выражению [11]:

$$Q_A = A^S \cdot q_{\text{ray}} \cdot S_{\Pi}, \quad (2)$$

где A^S – коэффициент, указывающий поглощение теплового потока; q_{ray} – плотность теплового потока излучателя, Вт/м²; S_{Π} – площадь поверхности объекта (зерновки с ростком) в плоскости перпендикулярной направлению излучения, м².

При подстановке значений получаем:

$$Q_A = 0,95 \cdot 4000 \cdot 0,00016 = 0,61 \text{ Вт.}$$

Площадь поверхности зерновки и ростка в плоскости перпендикулярной направлению излучения определим:

$$S_{\Pi} = \pi ab + LN, \quad (3)$$

где a – длина полуоси эллипсоида зерновки, м; b – длина полуоси эллипсоида зерновки, м; L – длина ростка, м; N – ширина ростка, м.

При подстановке данных в формулу (3) получаем:

$$S_{\Pi} = 3,14 \cdot 0,006 \cdot 0,002 + 0,025 \cdot 0,005 = 0,00016 \text{ м}^2.$$

Тепловой поток, отдаваемый излучением в окружающую среду, определим по выражению:

$$Q_S = \alpha^S F_{mv} (T_m - T_v) S_0, \quad (4)$$

где α^S – коэффициент переноса тепла излучением; F_{mv} – коэффициент относительного облучения указывает, какая часть теплового излучения попадает на облучаемую поверхность S общ; T_m – средняя абсолютная температура нагрева пророщенного зерна, °К; T_v – средняя абсолютная температура, до которой нагревают частицы, пыли, взвешенные в воздухе, °К; S_0 – общая площадь поверхности пророщенного зерна с учетом ростка и корешка, м².

После подстановки значений в формулу (4) получаем:

$$Q_S = 6,55 \cdot 1(323 - 301)0,001 = 0,14 \text{ Вт.}$$

Общая площадь поверхности пророщенного зерна с учетом ростка и корешка может быть определена по выражению:

$$S_0 = 2\pi a \left(a + \frac{b^2}{\sqrt{a^2 - b^2}} \ln \frac{a + \sqrt{a^2 - b^2}}{b} \right) + 2LN, \quad (5)$$

где a – длина полуоси эллипсоида зерновки, м; b – длина полуоси эллипсоида зерновки, м; L – длина ростка, м; N – ширина ростка, м.

После подстановки исходных данных получим выражение:

$$S_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,006 \left(0,006 + \frac{0,002^2}{\sqrt{0,006^2 - 0,002^2}} \ln \frac{0,006 + \sqrt{0,006^2 - 0,002^2}}{0,002} \right) + 2 \cdot 0,025 \cdot 0,005 = 0,001 \text{ м}^2.$$

Тепловой поток, отдаваемый конвекцией в окружающую среду, определим по выражению:

$$Q_{\text{конв}} = \alpha^{K'} S_{\text{hor}} (T_m - T_v) + \alpha^{K''} S_{\text{vert}} (T_m - T_v), \quad (6)$$

где $\alpha^{K'}$ – коэффициент переноса тепла конвекцией для горизонтальных стен, Вт/м² К; $\alpha^{K''}$ – коэффициент переноса тепла конвекцией для вертикальных стен, Вт/м² К; S_{hor} – площадь горизонтальной проекции зерновки и ростка, м²; S_{vert} – площадь вертикальной проекции зерновки и ростка, м²; T_m – средняя абсолютная температура пророщенного зерна, °К; T_v – средняя абсолютная температура воздуха, °К.

После подстановки значений в формулу (6) получаем:

$$Q_{\text{конв}} = 7,383 \cdot 0,00016 \cdot (323 - 301) + 5,377 \cdot 0,00055 \cdot (323 - 301) = 0,091 \text{ Вт.}$$

Абсолютная температура пророщенного зерна определяется согласно выражению:

$$T_m = \frac{t_{m1} + t_{m2}}{2} + 273, \quad (7)$$

где t_{m1} – температура нижней поверхности пророщенного зерна, °С; t_{m2} – температура верхней поверхности пророщенного зерна, °С.

При подстановке значений получим выражение:

$$T_m = \frac{49,7+50,3}{2} + 273 = 323 \text{ }^0\text{К}.$$

Тепловой поток, передаваемый кондукцией в пророщенное зерно, находится по уравнению:

$$Q_{\text{конд}} = \frac{\lambda//}{H} (T_{m1} - T_{m2}) S_{\text{П}}, \quad (8)$$

где $\lambda//$ – коэффициент теплопроводности пророщенного зерна, Вт/м² К; T_{m1} – абсолютная температура верхней поверхности пророщенного зерна, ⁰К; T_{m2} – абсолютная температура нижней поверхности пророщенного зерна, ⁰К; H – средняя толщина пророщенного зерна, м.

Тогда получаем выражение:

$$Q_{\text{конд}} = \frac{0,42}{0,007} \cdot (323,45 - 322,85) \cdot 0,00016 = 0,0058 \text{ Вт}.$$

Тепловой поток, уходящий из зерна с испаренной влагой, находится из уравнения баланса тепловой мощности (1):

$$Q_{\text{исп}} = Q_A - Q_S - Q_{\text{конв}} - Q_{\text{конд}}, \quad (9)$$

отсюда при подстановке значений получаем:

$$Q_{\text{исп}} = 0,61 - 0,14 - 0,091 - 0,0058 = 0,373 \text{ Вт}.$$

В то же время, тепловой поток, уходящий из зерна с испаренной влагой, можно определить по выражению:

$$Q_{\text{исп}} = n_W \cdot r_W \cdot S_0, \quad (10)$$

где n_W – скорость испарения влаги, кг / м² сек; r_W – теплота парообразования воды, 2383 кДж/кг.

В этом случае из уравнения (10) можно найти скорость испарения влаги с поверхности зерновки и ростка и корешка:

$$n_W = \frac{Q_{\text{исп}}}{S_0 r_W}, \quad (11)$$

где S_0 – общая площадь поверхности пророщенного зерна с учетом ростка и корешка, м².

После подстановки данных в выражение (11) получаем:

$$n_W = \frac{0,373}{0,001 \cdot 2383 \cdot 10^3} = 0,000157 \text{ кг/(м}^2 \text{ сек)}.$$

Заметим, что приведенные выше расчеты относятся к единичному объекту. Однако в сушилке ИК нагреву подвергается слой (объем) семян. Поэтому для определения технологических и конструктивных параметров приведенные выше выражения следует увязать с размерами или производительностью сушилки.

Количество зерновок, содержащихся в 1 кг поступающего на сушку пророщенной массы, в первом приближении можно рассчитать с учетом массы 1000 зерен:

$$k = \frac{1}{M_{1000}}, \quad (12)$$

где M_{1000} – масса 1000 зерен, кг (для пшеницы – $12...75 \cdot 10^{-3}$ кг).

В этом случае тепловой поток излучения Q_{AM} поглощенный в массе пророщенного зерна M (кг) будет равен:

$$Q_{AM} = k M Q_A. \quad (13)$$

С другой стороны, этот тепловой поток можно увязать с мощностью источника ИК излучения:

$$P_{\text{ИКИ}} = k M Q_A / \eta_{\text{И}}, \quad (14)$$

$$P_{\text{ИКИ}} = M Q_A / (M_{1000} \eta_{\text{И}}), \quad (15)$$

где $\eta_{\text{И}}$ – тепловой КПД преобразования ИК излучения в тепло.

В этом случае при $\eta_{\text{И}} = 0,5$ для нагрева 1 кг пророщенного зерна при $M_{1000} = 50 \cdot 10^{-3}$ кг расчетная мощность ИК установки должна составлять:

$$P_{\text{ИКИ}} = 0,61 / (50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5) = 24,4 \text{ Вт}.$$

На последующих этапах сушки и охлаждения продукта можно использовать методики расчета материального и теплового балансов конвективной сушилки.

Количество влаги, удаляемой в непрерывно действующей сушилке:

$$W = M_1 - M_2, \quad (16)$$

где M_1 – масса влажного пророщенного зерна до входа в сушильную камеру, кг; M_2 – масса высушенного пророщенного зерна после выхода из сушильной камеры, кг.

При подстановке данных получаем выражение:

$$W = 0,146 - 0,076 = 0,07 \text{ кг.}$$

Расход абсолютно сухого материала через сушилку:

$$M_0 = M_1 (1-w_1) = M_2 (1-w_2), \quad (17)$$

где w_1 – влажность материала на входе в сушилку, кг влаги / кг материала; w_2 – влажность материала на выходе из сушилки, кг влаги / кг материала.

Количество влаги, удаляемой из зерносушилки, когда производительность задана по влажному материалу:

$$W = M_1 \frac{w_1 - w_2}{1 - w_2}, \quad (18)$$

отсюда при подстановке значений получаем:

$$W = 0,146 \frac{0,52 - 0,18}{1 - 0,18} = 0,06 \text{ кг/сек.}$$

Количество влаги, удаляемой из зерносушилки, когда производительность задана по высушенному материалу:

$$W = M_2 \frac{w_1 - w_2}{1 - w_1}, \quad (19)$$

отсюда получаем:

$$W = 0,076 \frac{0,52 - 0,18}{1 - 0,52} = 0,054 \text{ кг/сек.}$$

Энтальпию воздуха до входа в калорифер определим из уравнения:

$$H_1 = c_{pв}t_1 + (r_0 + c_{pп}t_1)d_1, \quad (20)$$

где $c_{pв}$ – изобарная теплоемкость сухого воздуха, кДж/(кг·°К); t_1 – температура воздуха на входе в сушилку, °С; r_0 – удельная теплота парообразования, кДж/кг; $c_{pп}$ – изобарная теплоемкость влажного воздуха, кДж/(кг·К); d_1 – влагосодержание атмосферного воздуха, кг/кг.

При подстановке данных в формулу (20) получаем:

$$H_1 = 1 \cdot 60 + (2500 + 1,9 \cdot 60) \cdot 0,01 = 86,14 \text{ кДж/кг сухого воздуха.}$$

Влагосодержание воздуха при выходе из сушилки определим по выражению:

$$d_2 = (H_2 - c_{pв}t_2) / (r_0 + c_{pп}t_2), \quad (21)$$

где H_2 – энтальпия воздуха после выхода из калорифера, кДж/кг; $c_{pв}$ – изобарная теплоемкость сухого воздуха, Дж/(кг·К); $c_{pп}$ – изобарная теплоемкость влажного воздуха, кДж/(кг·К); t_2 – температура воздуха на выходе в сушилки, °С.

Энтальпия воздуха после выхода из калорифера может быть определена из уравнения:

$$H_2 = H_1 + \Delta (d_2 - d_1). \quad (22)$$

где Δ - угловой коэффициент тепло- и влагообмена в калорифере.

Поскольку $\Delta=0$, то из уравнения (22) получим:

$$H_2 = H_1 = 86,14 \text{ кДж/кг сухого воздуха.}$$

$$d_2 = (86,14 - 1 \cdot 30) / (2500 + 1,9 \cdot 30) = 0,022 \text{ кг/кг.}$$

Чтобы определить расход сушильного агента через сушилку запишем материальный баланс для неё по влаге в газовой фазе:

$$Ld_1 + W = Ld_2. \quad (23)$$

Найдем расход абсолютно сухого сушильного агента через сушилку:

$$L = \frac{W}{d_2 - d_1}, \quad (24)$$

где d_1 – влагосодержание агента сушилки, кг/кг; d_2 – влагосодержание воздуха при выходе из сушилки, кг/кг.

Перед подачей воздуха в сушильную камеру его пропускают через фильтр-осушитель и таким образом уменьшают содержание в нем влаги.

При подстановке значений получаем:

$$L = \frac{0,06}{0,022 - 0,01} = 5 \text{ кг/сек.}$$

Удельный расход сушильного агента (в расчете на 1 кг испаренной влаги):

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1}{d_2 - d_1}, \tag{25}$$

отсюда получаем:

$$l = \frac{1}{0,022 - 0,01} = 83,33 \text{ кг/кг.}$$

На рисунке 3 представлена схема материальных потоков, которые движутся в непрерывно действующей сушильной установке.

После сушки необходимо осуществить охлаждение пророщенного зерна для того, чтобы сохранить его технологические свойства. Для этого на нижний ленточный транспортер подают атмосферный воздух. Так как передвижение влаги из нижних слоев зерновки к её поверхности происходит медленно, то процесс сушки достаточно длительный и при охлаждении пророщенного зерна удаляется часть влаги.

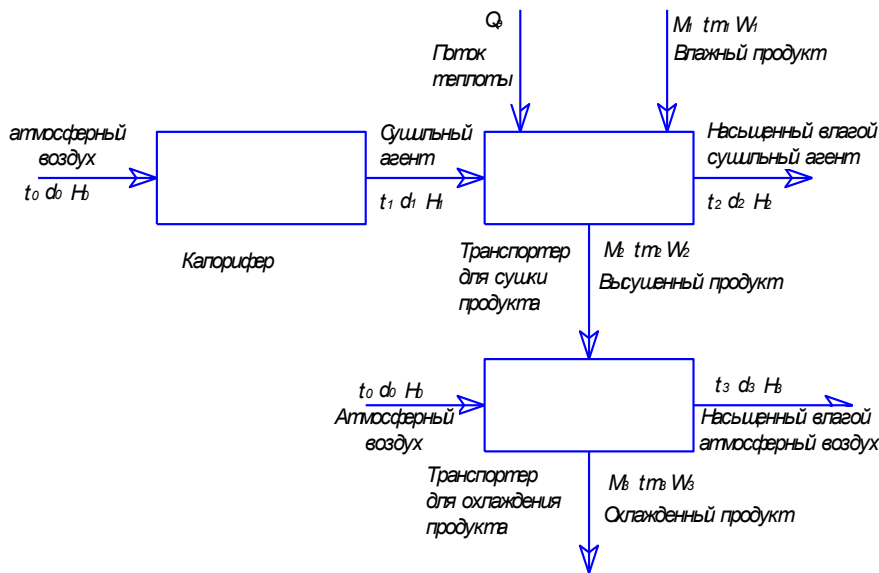
Определим количество влаги, которую удаляют в охлаждающей камере:

$$W_X = M_3 \frac{w_2 - w_3}{1 - w_2}, \tag{26}$$

где M_3 – расход материала на выходе из охлаждающей камеры, кг/сек; w_2 – влажность материала на входе в охлаждающую камеру, кг влаги / кг влажного материала; w_3 – влажность материала на выходе из охлаждающей камеры, кг влаги / кг влажного материала.

При подстановке данных в формулу (26) получаем:

$$W_X = 0,07 \frac{0,18 - 0,15}{1 - 0,18} = 0,0025 \text{ кг/сек.}$$



t_0 – температура атмосферного воздуха; d_0 – влагосодержание атмосферного воздуха; H_0 – энтальпия атмосферного воздуха; t_1 – температура агента сушки; d_1 – влагосодержание агента сушки; H_1 – энтальпия агента сушки; t_2 – температура сушильного агента насыщенного влагой; d_2 – влагосодержание сушильного агента насыщенного влагой; H_2 – энтальпия сушильного агента насыщенного влагой; t_3 – температура атмосферного воздуха насыщенного влагой; d_3 – влагосодержание атмосферного воздуха насыщенного влагой; H_3 – энтальпия атмосферного воздуха насыщенного влагой; Q_3 – поток теплоты, подводимый в сушильную камеру; M_1 – масса пророщенного зерна; tm_1 – температура пророщенного зерна; W_1 – влажность пророщенного зерна; M_2 – масса пророщенного зерна после сушки; tm_2 – температура пророщенного зерна после сушки; W_2 – влажность пророщенного зерна после сушки; M_3 – масса пророщенного зерна после охлаждения; tm_3 – температура пророщенного зерна после охлаждения; W_3 – влажность пророщенного зерна после охлаждения

Рис. 3 – Схема сушилки пророщенного зерна

Найдем расход сухого воздуха через охладительную камеру:

$$L_X = \frac{W_X}{d_3 - d_0}, \quad (27)$$

где d_3 – влажность воздуха на входе в охладительную камеру, кг/кг; d_0 – влагосодержание воздуха при выходе из охладительной камеры, кг/кг.

При подстановке значений получаем:

$$L_X = \frac{0,0025}{0,18 - 0,15} = 0,083 \text{ кг/сек.}$$

Удельный расход воздуха при охлаждении (в расчете на 1 кг испаренной влаги) определим по выражению:

$$l = \frac{L}{W}, \quad (28)$$

отсюда при подстановке значений получаем:

$$l = \frac{0,083}{0,0025} = 33,2 \text{ кг/кг.}$$

Выводы. Основные результаты по разработке конвейерной сушилки пророщенного зерна с применением ИК нагрева состоят в следующем.

1. Предложена конструкция конвейерной сушилки пророщенного зерна с применением ИК нагрева, в которой нагрев продукта последовательно реализуется двумя способами: ИК излучением, и конвективным способом. Два способа нагрева пророщенного зерна позволяют вначале осуществить прогрев материала и обеспечить подъем влаги из глубоких слоев зерновки к её поверхности, а затем удалить влагу конвективным способом.

2. Предложена методика расчета технологических параметров сушилки. Расчет параметров ИК нагрева проводился на основе сохранения энергии с учетом распределения мощности потока ИК излучения на нагрев продукта и рассеяния мощности в окружающую среду. Расчеты показывают, что при ИК нагреве скорость испарения влаги с поверхности пророщенного зерна составляет 0,000157 кг/(м² сек). При этом для нагрева единичной зерновки до средней температуры 50°C поглощенный зерновкой тепловой поток излучения должен составлять 0,61 Вт, а средняя мощность ИК излучателя для нагрева 1 кг продукта должна составлять 24,4 Вт.

3. При расчете конвективной стадии сушки было установлено, что скорость удаления влаги из зерносушилки этим способом при температуре воздуха 60°C составляет 0,06 кг/сек. Удельный расход сушильного агента для испарения 1 кг влаги составляет 83,33 кг/кг. Расход сухого воздуха через охладительную камеру составляет 0,083 кг/сек. Удельный расход воздуха с температурой 25°C при охлаждении 1 кг пророщенного зерна составляет 33,2 кг/кг.

Библиография

1. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Сушилки с аэродинамическим нагревом воздуха // Сельский механизатор, 2021. № 11. С. 16-17.
2. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Снижение энергоемкости сушилки аэродинамического нагрева // Тракторы и сельхозмашины, 2021. № 1. С. 81-87.
3. Тепляшин В.Н., Ченцова Л.И., Невзоров В.Н. Технологии и оборудование для сушки растительного сырья. Красноярск, 2019. 173 с.
4. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.В. Зерносушение и зерносушилки. М. : Колос, 1982. 239 с.
5. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Куницы А. Обоснование параметров комбинированного теплообменника сушилки аэродинамического нагрева // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021 № 1 (20). С. 72-79.
6. Подгорный С.А., Косачев В.С., Кошевой Е.П. Оценка параметров кинетики процесса сушки риса через потенциал массопереноса // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2015. № 4. С.97-100.
7. Шаршунов В.А., Смоляк А.А., Евдокимов А.В. Расчет параметров влагообмена при термомеханической обработке пророщенного зерна в комбинированной сушилке-диспергаторе // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. 2012. – № 1. С. 109-114.
8. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Окунев А.Ф. К расчету параметров сушилки пророщенного зерна // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: Майский, 2020. № 3. С. 9-16.
9. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Окунев А.Ф. Сушилка пророщенного зерна // Техника и технологии в животноводстве. 2021. № 1. С. 71-75.

10. Пат. 2718107 C1 F26B 19/00 (2006.01) F26B 17/04 (2006.01) F26B 17/12 (2006.01) F26B 3/30 (2006.01) Сушилка пророщенного зерна / Вендин С.В., Саенко Ю.В., Путиенко К.Н., Окунев А.Ф. Правообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина. Заявка № 2019134131. Заявка 14.10.2019 г. Опубликовано 30.03.2020 г. Бюл. №10.
11. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Казаков К.В. Механизация сушки сырья при производстве кормовых добавок. Майский, Белгородский ГАУ, 2019. 166 с.
12. Пиляева О.В., Книга Ю.А. Зерносушильное оборудование. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2014. 114 с.
13. Исаев Х.М., Купреенко А.И., Исаев С.Х. Плодово-ягодная сушилка с комбинированным теплообменником // Сельский механизатор, 2020. № 1. С. 16-17.
14. Рудобашта С.П. Теплотехника. М. : КолосС, 2010. 599 с.
15. Казаров К.Р., Тарасенко А.П., Гиевский А.М., Чернышов А.В. Технологии и средства механизации сушки и послеуборочной обработки зерна. Воронеж : Воронежский ГАУ, 2016. 310 с.
16. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. М. : КолосС, 2004. 240 с.

References

1. Kupreenko A.I., Isaev H.M., Isaev S.H. Sushilki s aerodinamicheskim nagrevom vozduha [Dryers with aerodynamic air heating] // Sel'skij mekhanizator, 2021. № 11. S. 16-17.
2. Kupreenko A.I., Isaev H.M., Isaev S.H. Snizhenie energoemkosti sushilki aerodinamicheskogo nagreva [Reducing the energy intensity of the aerodynamic heating dryer] // Traktory i sel'hozmashiny, 2021. № 1. S. 81-87.
3. Teplyashin V.N., Chencova L.I., Nevzorov V.N. Tekhnologii i oborudovanie dlya sushki rastitel'nogo syr'ya [Technologies and equipment for drying vegetable raw materials]. Krasnoyarsk, 2019. 173 s.
4. Zhidko V.I., Rezhnikov V.A., Ukolov V.V. Zernosushenie i zernosushilki [Grain drying and grain dryers]. M. : Kolos, 1982. 239 s.
5. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Куницки А. Обоснование параметров комбинированного теплообменника сушилки аэродинамического нагрева [Substantiation of the parameters of the combined heat exchanger of the aerodynamic heating dryer] // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021 № 1 (20). С. 72-79.
6. Podgornyj S.A., Kosachev V.S., Koshevoj E.P. Ocenka parametrov kinetiki processa sushki risa cherez potencial massoperenosa [Estimation of Kinetic Parameters of the Rice Drying Process through Mass Transfer Potential] // Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya. 2015. № 4. S.97-100.
7. Sharshunov V.A., Smolyak A.A., Evdokimov A.V. Raschet parametrov vlagoobmena pri termomekhanicheskoy obrabotke prorashchennogo zerna v kombinirovannoj sushilke-dispergatore [Calculation of moisture exchange parameters during thermomechanical processing of germinated grain in a combined dryer-disperser] // Ves. Nac. akad. navuk Belarusi. Ser. agrar. navuk. 2012. – № 1. S. 109-114.
8. Vendin S.V., Saenko Yu.V., Okunev A.F. K raschetu parametrov sushilki proroshchennogo zerna [To the calculation of the parameters of the germinated grain dryer] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy: Majskij, 2020. № 3. S. 9-16.
9. Vendin S.V., Saenko Yu.V., Okunev A.F. Sushilka proroshchennogo zerna [Germinated grain dryer] // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. 2021. № 1. S. 71-75.
10. Pat. RU 2718107 C1 F26B 19/00 (2006.01) F26B 17/04 (2006.01) F26B 17/12 (2006.01) F26B 3/30 (2006.01) Sushilka proroshchennogo zerna [Germinated grain dryer]/ Vendin S.V., Saenko YU.V., Putienko K.N., Okunev A.F. zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Belgorodskij GAU imeni V.YA. Gorina. № 2019134131 zayavl. 14.10.2019; opubl. 30.03.2020. g. Byul. № 10.
11. Vendin S.V., Saenko Yu.V., Kazakov K.V. Mekhanizaciya sushki syr'ya pri proizvodstve kormovyh dobavok [Mechanization of drying of raw materials in the production of feed additives]. Majskij, Belgorodskij GAU, 2019. 166 s.
12. Pilyaeva O.V., Kniga Yu.A. Zernosushil'noe oborudovanie [Grain drying equipment]. Krasnoyarsk : Krasnoyarskij GAU, 2014. 114 s.
13. Isaev H.M., Kupreenko A.I., Isaev S.H. Plodovo-yagodnaya sushilka s kombinirovannym teploobmennikom [Fruit dryer with combined heat exchanger] // Sel'skij mekhanizator, 2020. № 1. S. 16-17.
14. Rudobashta S.P. Teplotekhnika [Heat engineering]. M. : KolosS, 2010. 599 s.
15. Kazarov K.R., Tarasenko A.P., Gievskij A.M., Chernyshov A.V. Tekhnologii i sredstva mekhanizacii sushki i posleuborochnoj obrabotki zerna [Technologies and means of mechanization of drying and post-harvest processing of grain]. Voronezh : Voronezhskij GAU, 2016. 310 s.
16. Malin N.I. Energoberegayushchaya sushka zerna [Energy saving grain drying]. M. : KolosS, 2004. 240 s.

Сведения об авторах

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Бел-

городский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-11-36 e-mail: elapk@mail.ru

Саенко Юрий Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 38-19-48 e-mail: yuriy311300@mail.ru

Окунев Александр Фёдорович, аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 38-19-48. e-mail: alex.fed1726@mail.ru

Байрамов Ровшан Захид Оглы, аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 38-19-48.

Information about authors

Vendin Sergey Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, head of the department of electrical equipment and electrotechnologies, 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. +7 74722 39-11-36 e-mail: elapk@mail.ru

Saenko Yuri Vasilyevich, doctor of technical sciences, professor of the department of machinery 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. +7 472 38-19- 48 e-mail: yuriy311300@mail.ru

Okunev Alexander Fedorovich, postgraduate student of the department of machinery 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, Russia, 308503, tel. +7 472 38-19- 48 e-mail: alex.fed1726@mail.ru

Bairamov Rovshan Zahid Ogly, postgraduate student of the department of machinery 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. +7 472 38-19- 48.

УДК 665.6/.7:543.63:621.43

А.А. Жосан, М.М. Ревякин, С.И. Головин

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. Широкое и интенсивное применение энергонасыщенной техники в различных условиях ее фактической эксплуатации без оценки степени негативного влияния ряда внешних факторов отрицательно сказывается на техническом состоянии, уровне надежности силовых агрегатов и транспортных средств в целом, достижения ими ресурса, заявленного заводом-изготовителем. Для успешного решения данной проблемы применяется ряд способов контроля технического состояния и определения остаточного ресурса. Проанализированы наиболее часто используемые методы, выявлены их ключевые недостатки с позиции полноты диагностических информаторов, качественной оценки величины остаточного ресурса дизельных двигателей, а также достаточной точности их диагностирования. Представлена блок-схема реализации адаптивного способа оценки условий эксплуатации и прогнозирования остаточного ресурса двигателей с позиционным описанием, которая предусматривает ряд исходных (вводных данных): информацию о наработке двигателя до последней замены моторного масла, информацию о времени работы моторного масла, информацию о двигателе внутреннего сгорания, информацию о мобильном энергетическом средстве (марка, заводской номер агрегата / VIN, хозяйственный номер, место эксплуатации) и дате отбора пробы. Применение специализированных программных продуктов и баз данных обеспечивает накопление данных с последующим определением ресурсной и эксплуатационной скорости изнашивания деталей двигателя. Предлагаемой методологией предусмотрено определение средней эксплуатационной скорости поступления железа в систему смазки с учетом всей его массы, а также ресурсной скорости поступления железа в систему смазки с учетом теории изнашивания поверхностей трения, изменения геометрии деталей двигателя в процессе их работы и технических данных двигателей с последующей оценкой условий эксплуатации по соответствующему коэффициенту.

Ключевые слова: двигатель, техническое состояние, остаточный ресурс, прогнозирование, система смазки, ресурсная скорость, эксплуатационная скорость, износ.

METHODOLOGY FOR EVALUATING THE CONDITIONS OF OPERATING AND PREDICTING THE RESIDUAL RESOURCE OF DIESEL ENGINES

Abstract. The wide and intensive use of energy-rich equipment in various conditions of its actual operation without assessing the degree of negative influence of a number of external factors negatively affects the technical condition, the level of reliability of power units and vehicles in general, their achievement of the resource declared by the manufacturer. To successfully solve this problem, a number of methods for monitoring the technical condition and determining the residual resource are used. The most frequently used methods have been analyzed, their key disadvantages have been identified from the standpoint of the completeness of diagnostic informants, a qualitative assessment of the residual life of diesel engines, as well as the sufficient accuracy of their diagnosis. A block diagram of the implementation of an adaptive method for assessing operating conditions and predicting the residual life of engines with a positional description is presented, which provides for a number of initial (input) data: information on the engine operating time before the last engine oil change, information on the operating time of the engine oil, information on the internal combustion engine, information about the mobile energy device (brand, unit serial number / VIN, service number, place of operation) and the date of sampling. The use of specialized software products and databases ensures the accumulation of data with the subsequent determination of the resource and operating rate of wear of engine parts. The proposed methodology provides for the determination of the average operating rate of iron entry into the lubrication system, taking into account its entire mass, as well as the resource rate of iron entry into the lubrication system, taking into account the theory of wear of friction surfaces, changes in the geometry of engine parts during their operation and technical data of engines, followed by an assessment of the conditions operation at the appropriate factor.

Keywords: engine, technical condition, residual resource, prediction, lubrication system, resource speed, operational speed, wear.

Повсеместное использование современных энергонасыщенных мобильных энергетических средств, расширение сферы оказания транспортных услуг делает актуальной проблему оценки технического состояния машин на этапе эксплуатации и обеспечения надежности подвижного состава в целом. Адекватная оценка условий эксплуатации с точки зрения их оптимальности для определенного транспортного средства позволяет максимально использовать ресурс его силовых агрегатов, заложенный заводом-изготовителем [1]. Основными трудностями в этом случае являются фактическая необходимость в постоянном мониторинге

за условиями эксплуатации [3, 9], а также конкретизация диагностических информаторов в качестве индикаторов, в том числе и с точки зрения определения остаточного ресурса [4, 5].

На практике используются различные способы определения остаточного ресурса и оценки технического состояния двигателей [6, 8, 10]. Одним из известных является выявление остаточного ресурса путем расчета величины отношения концентрации частиц железа в системе смазки к расходу топлива за контрольный период работы двигателя с последующим выявлением по ней износа гильзы цилиндров. Затем с применением специально разработанной номограммы с использованием полученных данных устанавливают остаточный ресурс двигателя.

Недостатками данного способа являются: невозможность обеспечения необходимой точности выявления остаточного ресурса двигателя, а также широкое применение, так как не учитывается количество железа удаляемое из системы смазки с угоревшим маслом, угар которого значительно увеличивается в зависимости от степени износа гильз цилиндров; соответствия условий эксплуатации требованиям завода-изготовителя; номограмма предусматривает обязательную замену поршневых колец, что не предписывается техническими условиями для большинства современных двигателей (нормативный ресурс двигателей больше величины ограничения).

Еще один способ контроля технического состояния ДВС и прогнозирования остаточного ресурса заключается в периодическом измерении концентрации продуктов износа трущихся деталей, содержащихся в масле системы смазки двигателей, в моменты между доливками масла. В данном случае определяется количество масла, долитого в систему после последнего отбора пробы, и проводится обработка результатов с последующим сравнением по критериальному показателю и определению технического состояния двигателей.

Подобный способ не позволяет качественно оценить величину остаточного ресурса двигателя, выраженную в единице измерения его наработки, которая приводится в технической документации заводов-изготовителей изделий, а также не учитывает массу металлов, удаленную с угоревшим маслом, что значительно снижает точность определения технического состояния двигателя.

Известны также способы диагностирования состояния ДВС по износу цилиндропоршневой группы, которые основаны на измерении через определенные интервалы наработки концентрации продуктов изнашивания в отложениях роторного центробежного маслоочистителя с последующим отождествлением полученной информации с эталоном.

Такой способ обеспечивает недостаточную точность диагностирования ДВС, так как учитывает только концентрацию продуктов износа в отложениях из роторного центробежного маслоочистителя, в то время как значительная часть продуктов износа содержится в работающем масле и удаляется из него вместе с угоревшей частью и данное соотношение не является константой. К тому же способ не дает возможность оценить остаточный ресурс двигателей до проведения ремонтных воздействий.

Перспективным направлением оценки (прогнозирования) остаточного ресурса и технического состояния современных двигателей в целом будет являться применение адаптивных способов контроля с применением специализированных программных продуктов и баз данных [7].

На рисунке 1 представлена блок-схема реализации адаптивного способа оценки условий эксплуатации и прогнозирования остаточного ресурса двигателей.

На начальном этапе фактической реализации осуществляются: отбор пробы моторного масла поддона картера двигателя с последующим определением содержания в нем железа (позиция 1); сбор информации о наработке двигателя до последней замены моторного масла (позиция 2), о времени работы моторного масла (позиция 3) и марке двигателя (позиция 4); сбор информации о мобильном энергетическом средстве (его марка, заводской номер агрегата / VIN, хозяйственный номер, место эксплуатации МЭС) и дате отбора пробы (позиции 5 и 6).

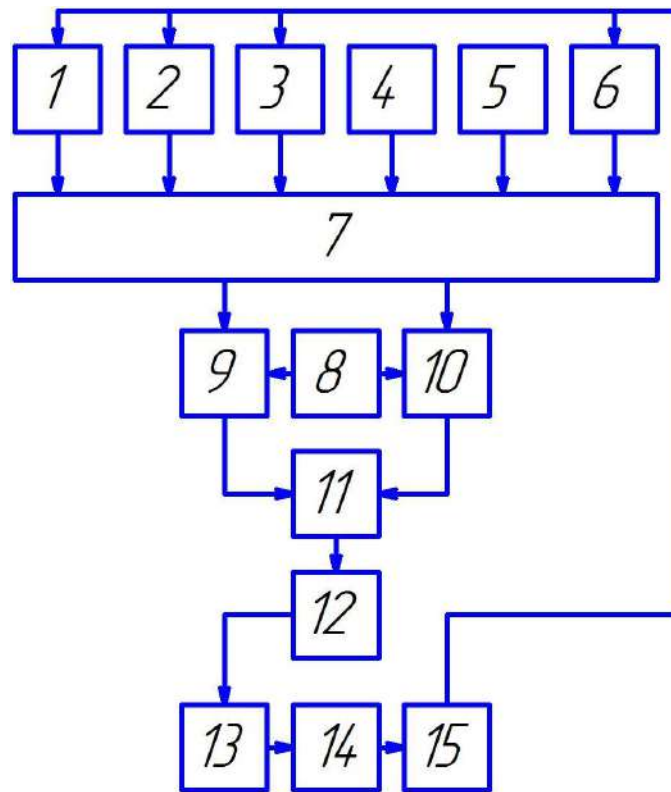


Рис. 1 – Схема диагностики и прогнозирования остаточного ресурса ДВС

Путем применения специализированных программных продуктов в позиции 7 (персональные программируемые средства) и баз данных (позиция 8) происходит накопление указанных выше данных с последующим определением ресурсной и эксплуатационной скорости изнашивания деталей двигателя (позиции 9 и 10 соответственно).

С целью обеспечения точности контроля технического состояния и повышения надежности в рамках адаптивного способа необходимо учитывать определение средней эксплуатационной скорости поступления железа в систему смазки с учетом всей его массы [2] по формуле

$$J_x = \frac{fe_i [10 \cdot V_k \cdot \rho_M + t \cdot (-3 \cdot 10^{-9} t^3 + 2 \cdot 10^{-6} t^2 + 0,0003 \cdot t + 0,4826) + 0,785 U_{icp} \cdot D \cdot H \cdot n \cdot t \cdot 10^{-8}]}{t}, \quad (1)$$

где fe_i – массовая доля железа в масле, %; V_k – объем масла в поддоне картера двигателя, л; ρ_M – плотность масла, г/см³; t – время работы масла с последней замены, мото-ч; U_{icp} – среднее значение угара масла в течении времени t , г/м²×мото-ч; D – диаметр цилиндра двигателя, мм; H – длина изнашиваемой части гильзы цилиндра, мм.

Тогда средний угар масла в течение времени после замены определяется по формуле

$$U_{icp} = 0,5 \cdot [3 \cdot 10^{-13} \cdot (T_1^4 + T_2^4) - 5 \cdot 10^{-9} (T_1^3 + T_2^3) + 5 \cdot 10^{-5} (T_1^2 + T_2^2) - 0,0137 \cdot (T_1 + T_2) + 364,5], \quad (2)$$

где T_1 – наработка до последней замены масла, мото-ч; T_2 – наработка двигателя на момент диагностирования ($T_1 + t$), мото-ч.

Определение ресурсной скорости поступления железа в систему смазки при условии наработки ДВС ресурса, заложенного заводом-изготовителем, необходимо осуществлять с учетом теории изнашивания поверхностей трения, установленных зависимостей изнашивания деталей ДВС (изменения геометрии деталей двигателя в процессе их работы) и технических данных двигателей по формуле

$$J_y = \frac{J_o \cdot K_{CF} \cdot J_o \cdot K_{ПК} \cdot K_{СП} + J_o \cdot K_q}{T \cdot K_{CF}}, \quad (3)$$

где J_0 – масса железа поступившая систему смазки за время T , г; T – межремонтная наработка двигателя, мото-ч; K_{CF} – массовая доля железа в металле гильзы цилиндра; K_q – коэффициент, учитывающий массу железа поступающего с нересурсоопределяющих деталей двигателя; $K_{СП}$ – массовая доля железа в металле поршневых колец, %; $K_{ПК}$ – коэффициент, учитывающий массу металла поступающее с поршневых колец; K_{CF} – массовая доля железа в металле гильзы цилиндра, %.

Масса железа, поступающего в систему смазки двигателя, определяется по формуле

$$J_0 = J_1 + J_2 + J_3, \quad (4)$$

где J_1 – масса железа, поступившая с зеркала всех гильз цилиндров до износа, соответствующего техническим требованиям, г, определяемая по формуле

$$J_1 = 0,785 \cdot n \cdot K_{CF} \cdot K_{ГЦ} \cdot H \cdot \rho \cdot [(D + \Delta D)^2 - D^2], \quad (5)$$

где D – диаметр цилиндра, мм; ΔD – максимально допустимый износ гильзы цилиндра, согласно техническим требованиям, мм; ρ – плотность железа, г/см³; H – длина изнашиваемой части зеркала гильзы цилиндра, мм; n – количество цилиндров, ед; $K_{ГЦ}$ – коэффициент, учитывающий геометрию износа зеркала гильзы цилиндра;

J_2 – масса железа, поступившая со всех шатунных шеек коленчатого вала, до износа соответствующего техническим требованиям, г, определяемая по формуле

$$J_2 = 0,785 \cdot n_2 \cdot K_{СК} \cdot [d_1^2 - (d_1 - \Delta d_1)^2] \cdot h_1 \cdot \rho, \quad (6)$$

где d_1 – диаметр шатунных шеек коленчатого вала, мм; Δd_1 – максимально допустимый износ шатунных шеек коленчатого вала, согласно техническим требованиям, мм; n_2 – количество шатунных шеек коленчатого вала, ед.; h_1 – ширина шатунных шеек коленчатого вала, мм; $K_{СК}$ – массовая доля железа в металле коленчатого вала, %;

J_3 – масса железа, поступившая со всех коренных шеек коленчатого вала, до износа соответствующего техническим требованиям, г, определяемая по формуле

$$J_3 = 0,785 \cdot K_{СК} \cdot [d_2^2 - (d_2 - \Delta d_2)^2] \rho \cdot (h_2 \cdot n_3 + h_3 \cdot n_4), \quad (7)$$

где d_2 – диаметр коренных шеек коленчатого вала, мм; Δd_2 – максимально допустимый износ коренных шеек коленчатого вала, согласно техническим требованиям, мм; h_2 – ширина широких коренных шеек коленчатого вала, мм; h_3 – ширина узких коренных шеек коленчатого вала, мм; n_3 – количество широких коренных шеек коленчатого вала, ед; n_4 – количество узких коренных шеек коленчатого вала, ед.

Далее осуществляется оценка условий эксплуатации двигателя (позиция 11). Коэффициент условий эксплуатации определяется по формуле

$$K_{вэ} = \frac{J_x}{J_y}. \quad (8)$$

Производится поиск решений и вычисляется остаточный ресурс двигателя (позиция 12). С учетом условия сохранения в дальнейшем определенного коэффициента условий эксплуатации прогнозируемый остаточный ресурс определяется по формуле

$$TO = \frac{T - T_2 \cdot K_{вэ}}{K_{вэ}}, \quad (9)$$

при условии доведения коэффициента условий эксплуатации, в результате соответствующих мероприятий до значения, при котором обеспечивается ресурс двигателя, т. е. равном 1

$$TO = T - T_2 \cdot K_{вэ}. \quad (10)$$

Следующим этапом является сохранение полученных результатов и при необходимости их вывод на печать (позиция 13). Если условия эксплуатации двигателя не соответствуют техническим требованиям целесообразно осуществить устранение причин, повлекших подобный результат и повторить очередность позиций.

Таким образом, представленный способ оценки условий эксплуатации и прогнозирования остаточного ресурса двигателей с программной реализацией рассмотренной схемы будет способствовать наиболее точному процессу контроля соответствия текущих условий эксплуатации двигателя техническим требованиям завода-изготовителя.

Библиография

1. Головин С.И., Деревягин Н.М. Прогнозирование остаточного ресурса дизелей // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. Орел, 2007. С. 111-114.
2. Жосан А.А., Ревякин М.М., Титов А.А. Методология определения продуктов износа в моторных маслах // Агротехника и энергообеспечение. 2016. № 2 (11). С. 87-92.
3. Куликов С.А., Ревякин М.М. Повышение эксплуатационных характеристик надежности МТА при помощи систем телематического контроля // В сборнике: Инновационные технологии механизации, автоматизации и технического обслуживания в АПК. Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. Орел. 2008. С. 90-93.
4. Макарова А.Н., Захаров Н.С. Корректирование нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий и интенсивности эксплуатации автомобилей: монография. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. 174 с.
5. Мороз С.М. Методы обеспечения работоспособности технического состояния автотранспортных средств: учебник. М. : МАДИ, 2015. 204 с.
6. Охотников Б.Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие. Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2014. 139 с.
7. Ревякин М.М., Жосан А.А., Шуруев А.В. Вариативность надежности мобильных энергетических средств предприятий АПК // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1 (1). С. 137-140.
8. Снарский С.В., Гафиятуллин А.А., Кулаков А.Т. Методика определения остаточного ресурса автомобильного дизельного двигателя при бортовом диагностировании // Научная мысль. 2017. № 3. С. 210-221.
9. Фомичёв Е.В., Ревякин М.М. Диагностирование как способ получения информации о техническом состоянии сельскохозяйственных машин и повышения их надежности // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1 (1). С. 356-361.
10. Шуханов С.Н., Хороших О.Н., Егоров И.Б. Зависимость ресурса двигателя от факторов эксплуатации и режимов его работы // В сборнике: Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки. Материалы Национальной научно-практической конференции молодых ученых. Ижевск. 2021. С. 336-340.

References

1. Golovin S.I., Derevyagin N.M. Prognozirovaniye ostatochnogo resursa dizeley [Forecasting the residual life of diesel engines] // V sbornike: Sbornik dokladov molodykh uchenykh fakul'teta agrotekhniki i energoobespecheniya. Orel, 2007. S. 111-114.
2. Zhosan A.A., Revyakin M.M., Titov A.A. Metodologiya opredeleniya produktov iznosa v motornykh maslah [Methodology for determination of wear products in motor oils] // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2016. № 2 (11). S. 87-92.
3. Kulikov S.A., Revyakin M.M. Povyshenie ekspluatatsionnykh harakteristik nadezhnosti MTA pri pomoshchi sistem telematicheskogo kontrolya [Improving the operational characteristics of MTA reliability using telematic control systems] // V sbornike: Innovacionnye tekhnologii mekhanizatsii, avtomatizatsii i tekhnicheskogo obsluzhivaniya v APK. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. Orel. 2008. S. 90-93.
4. Makarova A.N., Zaharov N.S. Korrektirovanie normativov periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya s uchetom fakticheskikh uslovij i intensivnosti ekspluatatsii avtomobilej: monografiya [Correction of maintenance intervals, taking into account the actual conditions and intensity of vehicle operation]. Tyumen': Tyumenskij industrial'nyj universitet, 2019. 174 s.
5. Moroz S.M. Metody obespecheniya rabotosposobnosti tekhnicheskogo sostoyaniya avtotransportnykh sredstv: uchebnik [Methods for ensuring the operability of the technical condition of vehicles]. M. : MADI, 2015. 204 s.
6. Ohotnikov B.L. Ekspluatatsiya dvigatelej vnutrennego sgoraniya: uchebnoe posobie [Operation of internal combustion engines]. Ekaterinburg: Ural'skij federal'nyj universitet, 2014. 139 s.
7. Revyakin M.M., Zhosan A.A., Shuruev A.V. Variativnost' nadezhnosti mobil'nykh energeticheskikh sredstv predpriyatij APK [Reliability variability of mobile energy facilities of agro-industrial complex enterprises] // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2014. № 1 (1). S. 137-140.

8. Snarskij S.V., Gafiyatullin A.A., Kulakov A.T. Metodika opredeleniya ostatochnogo resursa avtomobil'nogo dizel'nogo dvigatelya pri bortovom diagnostirovanii [Method for determining the residual life of an automobile diesel engine during on-board diagnostics] // Nauchnaya mysl'. 2017. № 3. S. 210-221.

9. Fomichyov E.V., Revyakin M.M. Diagnostirovanie kak sposob polucheniya informacii o tekhnicheskom sostoyanii sel'skohozyajstvennyh mashin i povysheniya ih nadezhnosti [Diagnostics as a way to obtain information about the technical condition of agricultural machines and improve their reliability] // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2014. № 1 (1). S. 356-361.

10. Shuhanov S.N., Horoshih O.N., Egorov I.B. Zavisimost' resursa dvigatelya ot faktorov ekspluatacii i rezhimov ego raboty [The dependence of the engine resource on the factors of operation and modes of its operation] // V sbornike: Vklad molodyh uchenyh v realizaciyu prioritetnyh napravlenij razvitiya agrarnoj nauki. Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh. Izhevsk. 2021. S. 336-340.

Сведения об авторах

Жосан Артур Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭМТП и тракторы», ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Орловская область, Россия, 302019, тел. +74862 76-17-54, e-mail: a-josan@yandex.ru

Ревякин Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭМТП и тракторы», ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Орловская область, Россия, 302019, тел. +74862 76-17-54, e-mail: revyakinmm@inbox.ru

Головин Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭМТП и тракторы», ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Орловская область, Россия, 302019, тел. +74862 76-17-54, e-mail: golovinsi@yandex.ru

Information about authors

Zhosan Artur Aleksandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of Operation of the machine and tractor fleet and tractors, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», str. General Rodina, 69, Orel, Orel region, Russia, tel. +74862 76-17-54, e-mail: a-josan@yandex.ru

Revyakin Maxim Mihailovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of Operation of the machine and tractor fleet and tractors, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», str. General Rodina, 69, Orel, Orel region, Russia, tel. +74862 76-17-54, e-mail: revyakinmm@inbox.ru

Golovin Sergey Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of Operation of the machine and tractor fleet and tractors, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», str. General Rodina, 69, Orel, Orel region, Russia, tel. +74862 76-17-54, e-mail: golovinsi@yandex.ru

УДК 631.361.022.003.13

А.Г. Пастухов, Д.Н. Бахарев, А.П. Чирок

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ НА КОЛЕБАНИЕ ОБМОЛАЧИВАЕМОЙ МАССЫ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ

Аннотация. Обмолот початков кукурузы в аксиально-роторном молотильно-сепарирующем устройстве осуществляется посредством совместного действия сил удара и трения. Удар сопровождается колебательными процессами, при этом колеблется как зерно, так и стержень початка. Получила дальнейшее развитие теория обмолота початков кукурузы в области математического описания колебательных явлений в обмолачиваемой массе. Установлено, что полная работа, расходуемая на выделение зерна из стержня, состоит из четырех составляющих: работы нормальной составляющей силы удара по погружению зерен в тело стержня; работы тангенциальной составляющей силы удара по боковому отклонению зерен; работы нормальной составляющей силы удара по прогибу оболочки зерна в зоне контакта с шипами; работы, расходуемой на колебание початка и зерна, закрепленного к стержню. На создание колебаний затрачивается энергия, поэтому колебания необходимо использовать для создания условий, способствующих отделению зерна от стержня. Сделано предположение, что в реальном процессе обмолота зерно и стержень колеблются в противофазе, при этом резонанс собственных и вынужденных колебаний початка исключается. Колебания являются затухающими и распространяются объемной пространственной волной, при этом в поперечном сечении защитной плодовой оболочки зерна колебания пропорциональны коэффициенту Пуассона. Максимально возможный диапазон области распространения колебаний в поперечном сечении початка составляет $-\pi/2 \dots \pi/2$. Предложено реальное взаимодействие початка и рабочих органов молотильно-сепарирующего устройства описывать упрощенной моделью, представляющей действие совокупности шипов деки на стержень початка через прокладку из зерна кукурузы. В процессе моделирования получила развитие теория предложенная Н.Ф. Рожковским. В результате теоретически установлено, что при продолжительности удара $0,0019 \dots 0,0035$ с и времени релаксации защитной плодовой оболочки зерна кукурузы $0,03 \dots 0,04$ с, работа на колебания не превышает 10% от работы на обмолачивающую деформацию початка.

Ключевые слова: обмолот, удар, затухающие колебания, работа по выделению зерна.

MATHEMATICAL MODELING OF THE WORK ON THE OSCILLATION OF THE THRESHED MASS OF CORN COBS

Abstract. The threshing of corn cobs in an axial-rotary threshing-separating device is carried out through the combined action of impact and friction forces. The impact is accompanied by oscillatory processes, while both the grain and the rod of the cob fluctuate. The theory of threshing corn cobs has been further developed in the field of mathematical description of oscillatory phenomena in the threshed mass. It is established that the total work spent on separating grain from the rod consists of four components: the work of the normal component of the impact force on the immersion of the grains into the body of the rod; the work of the tangential component of the impact force on the lateral deviation of the grains; the work of the normal component of the impact force on the deflection of the grain shell in the area of contact with the pins; the work spent on the oscillation of the cob and grain fixed to the rod. Energy is spent on creating vibrations, so vibrations must be used to create conditions conducive to the separation of the grain from the rod. It is assumed that in the real process of threshing, the grain and the rod oscillate in the opposite phase, while the resonance of their own and forced vibrations of the cob is excluded. The oscillations are damped and propagate by a volumetric spatial wave, while in the cross section of the protective fruit shell of the grain, the oscillations are proportional to the Poisson's ratio. The maximum possible range of the area of propagation of vibrations in the cross section of the cob is $-\pi/2 \dots \pi/2$. The real interaction of the cob and the working organs of the threshing-separating device is proposed to be described by a simplified model representing the action of a set of deck pins on the cob rod through a corn grain gasket. In the process of modeling, the theory proposed by N.F. Rozhkovsky was developed. As a result, it is theoretically established that with a duration of impact of $0,0019 \dots 0,0035$ s and a relaxation time of the protective fruit shell of corn grain of $0,03 \dots 0,04$ s, the work on vibrations does not exceed 10% of the work on the threshing deformation of the cob.

Keyword: threshing, impact, damping vibrations, work on the extraction of grain.

Введение. Продовольственная безопасность России в значительной мере зависит от объемов производства зерна. Среди зерновых кукуруза является культурой с наивысшим потенциалом урожайности. В настоящее время из кукурузы производят около 3500 видов продукции. Большое значение эта культура имеет как высокоэнергетический корм для всех видов животных и птиц. Чтобы сбалансировать корм по научно-обоснованным рационам, нужно иметь в составе комбикормов не менее 30-40% высокоэнергетического зерна кукурузы,

поскольку в килограмме зерна кукурузы 1,34 кормовых единицы. Следовательно, увеличение объемов производства зерна кукурузы актуальная и важная задача сельскохозяйственного производства.

Повысить урожайность кукурузы можно снизив количество макро- и микроповреждений семенного зерна. Достижение данного результата требует всестороннего научного исследования. В теории обмолота активно изучается силовой фактор воздействия, однако колебательным явлениям в обмолачиваемых початках уделяется недостаточное влияние [1, 2]. В рамках данной публикации раскрыт ряд теоретических аспектов описания колебаний обмолачиваемой массы початков в молотильной камере аксиально-роторных молотильно-сепарирующих устройств (МСУ).

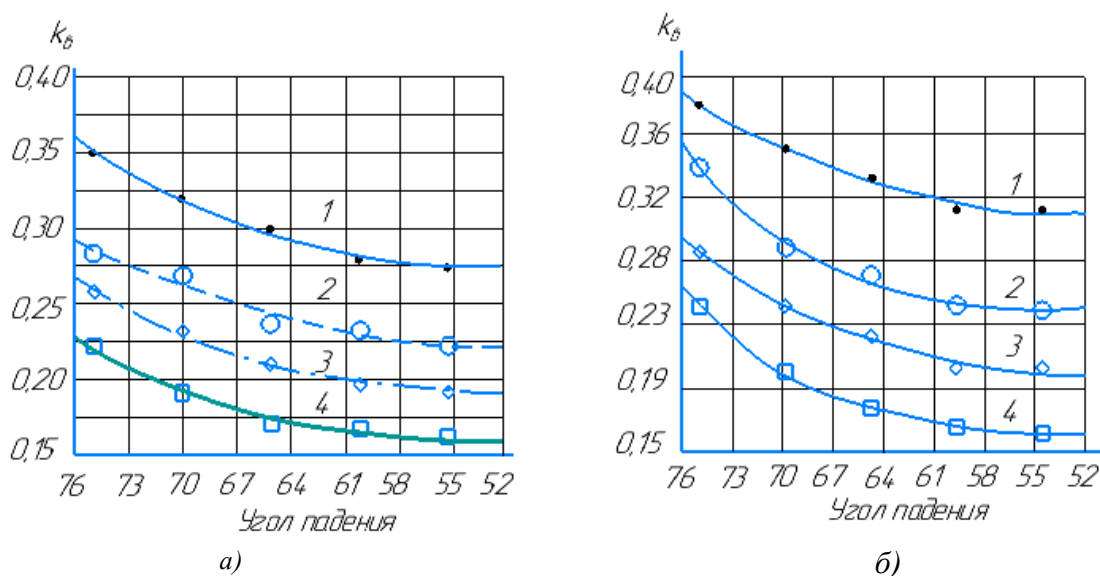
Объект и методы исследований. Объектом исследования является работа на колебание обмолачиваемой массы при обмолоте аксиально-роторным МСУ, определяемая методами математического моделирования.

Результаты исследований и их обсуждение. Согласно теории И.Ф. Василенко [3] и теории И.Н. Гурова [4] теоретическая скорость обмолота определяется математической моделью:

$$v_{ОБМ} = \frac{1}{(1-k_g) \cdot \cos \Theta} \sqrt{\frac{2 \cdot A_{max}}{m}}, \quad (1)$$

где $v_{ОБМ}$ – скорость обмолота, м/с; k_g – коэффициент восстановления зерна; Θ – угол между направлением удара и осью зерна, град; A_{max} – работа, затраченная на выделение зерна, Дж; m – массовая характеристика обмолоченного зерна, Нс²/м.

Коэффициент восстановления зерна кукурузы определяется на основании экспериментальных графиков (рисунок 1), разработанных И.А. Петуниной [5].



а – при косом ударе о поверхность из чугуна; б – при косом ударе о поверхность из стали

Рис. 1 – Коэффициент восстановления зерна кукурузы

Применительно к тематике обмолота початков кукурузы аксиально-роторным МСУ m в выражении (1) целесообразно выразить как массовую характеристику системы ротор-початок, приведенную к точке соударения m_{II} , определяемую на основании исследований Курасова В.С [6].

Работа, затраченная на выделение зерна из початков кукурузы, состоит из двух частей и определяется выражением:

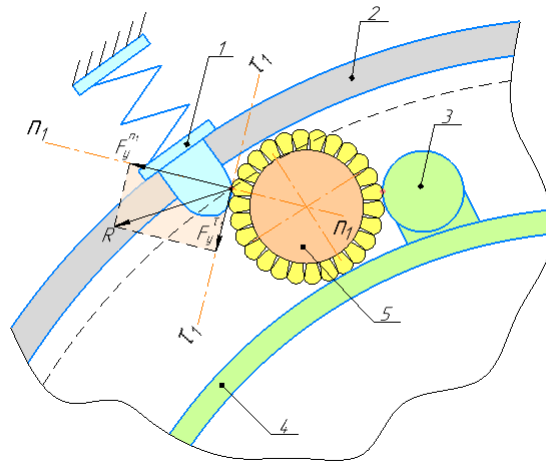
$$A_{max} = A_{шн} + A_{шт}, \quad (2)$$

где $A_{шн}$ – работа нормальной составляющей силы удара по погружению зерна в тело стержня, деформации оболочки зерна и созданию нормально направленной ударной волны, вызывающей колебания стержня початка и закрепленного на нем зерна, Дж; $A_{шт}$ – работа тангенциальной составляющей силы удара по отклонению зерна в участке смежных зерен от положения равновесия в зерновой структуре и созданию касательно направленной ударной волны, вызывающей колебания стержня початка и закрепленного на нем зерна, Дж.

В развернутой форме выражение (2) можно записать в виде:

$$A_{\max} = F_y^{n1} \cdot [h] + F_y^{n1} \cdot [l_{об}] + F_y^{r1} \cdot l_3 \cdot \text{tg}[\varphi] + A_{кпз}, \quad (3)$$

где F_y^{n1}, F_y^{r1} – нормальная и касательная составляющая силы косоугольного удара зерном в початке о фасонный шип МСУ, Н (рисунок 2); $[h]$ – предельно допустимое значение углубления зерна в тело стержня початка, м; $[l_{об}]$ – предельно допустимое значение прогиба защитной оболочки зерна, м; $[\varphi]$ – предельно допустимое значение углового отклонения нагруженного зерна в участке смежных зерен на початке; l_3 – высота зерна, м; $A_{кпз}$ – работа, расходуемая на колебание початка и зерна, закрепленного к стержню Дж.



1 – подвижный фасонный шип деки; 2 – фрагмент деки; 3 – прутковая навивка ротора; 4 – фрагмент цилиндра ротора; 5 – початок; $\tau_1-\tau_1, \pi_1-\pi_1$ – система координат для разложения равнодействующей силы косоугольного удара R початком о фасонный шип деки на нормальную и касательную составляющую

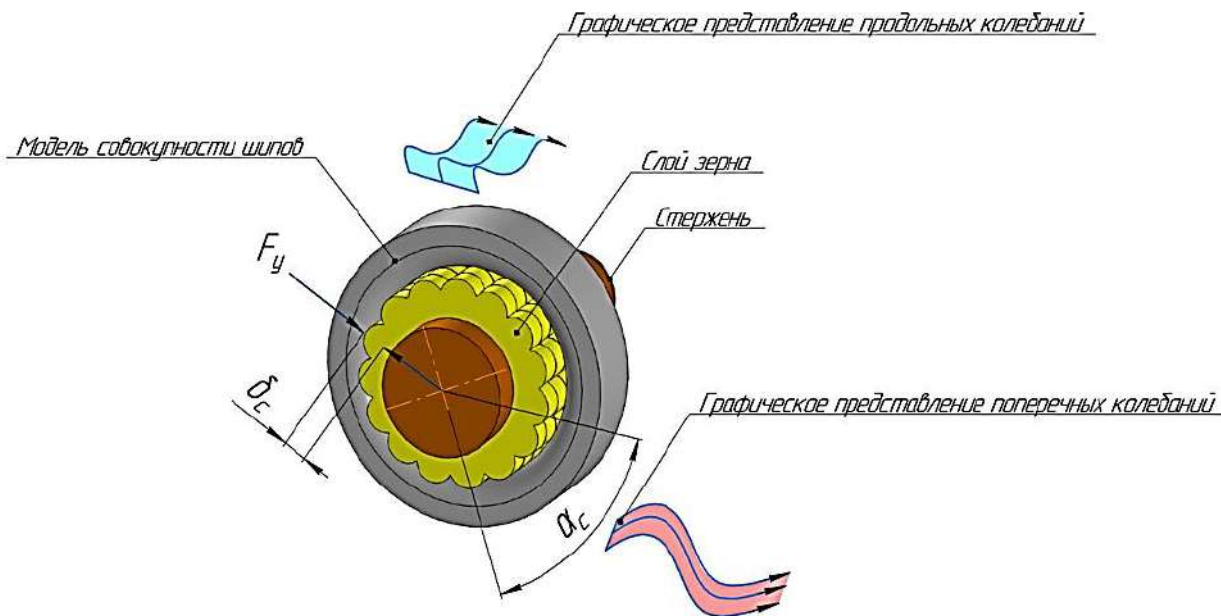
Рис. 2 – К определению направления действующих сил в рабочем зазоре МСУ при соударении початка и подвижного фасонного шипа деки

В выражении (3) последняя составляющая требует теоретических исследований и математического описания.

Математическое описание колебательных процессов в початке кукурузы требует введения следующего ряда упрощений и допущений:

- закономерности колебания початка и зерна, прикрепленного к нему, характеризуются затраченной механической работой;
- колебания являются затухающими;
- початок находится под многократным ударным воздействием;
- початок и зерно колеблются без достижения резонанса;
- продольные и поперечные деформации распространяются в перпендикулярных плоскостях;
- максимально возможный диапазон области распространения деформации в поперечном сечении початка составляет $-\pi/2 \dots \pi/2$;
- продолжительность единичного локального воздействия не превышает времени удара ($0 \dots T_{y\partial}$);

- амплитуда колебаний определима из конструктивных особенностей МСУ, а также НУ дифференцирования силового воздействия в рамках естественной защиты зерна в початке от чрезмерных механических повреждений;
- реальное взаимодействие початка и шипов в МСУ можно описать упрощенной моделью действия совокупности шипов на стержень початка через прокладку из зерна (рисунок 3).



δ_c – деформация початка; a_c – область распространения деформации

Рис. 3 – Графическая модель взаимодействия МСУ и початка, вызывающего продольные и поперечные колебания

В соответствии с ранее описанными допущениями δ_c выражается как сумма радиальных деформаций при вдавливании зерна в стержень δ_{c1} ($0 \dots [h]=3$ мм [4, 7]) и поперечных деформаций δ_{c2} в области контакта (поперечное распространение объемной волны, представлено на рисунке 4):

$$\delta_c = \delta_{c1} + \delta_{c2} . \quad (4)$$

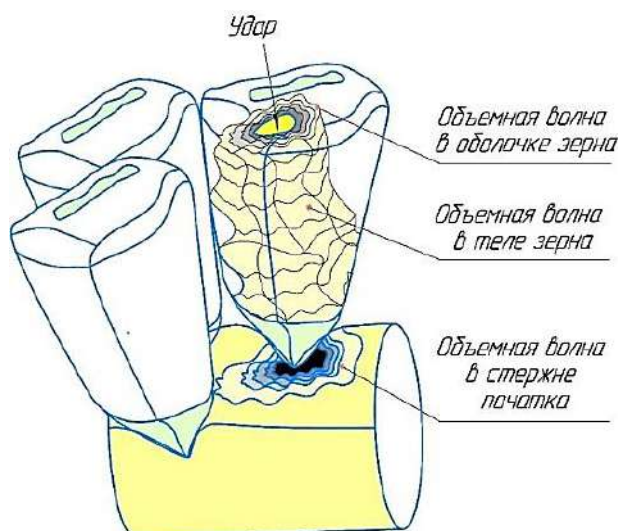


Рис. 4 – Распространение объемной ударной волны в теле зерна и стержня початка кукурузы

Наложение деформаций графически интерпретируется рисунком 5.

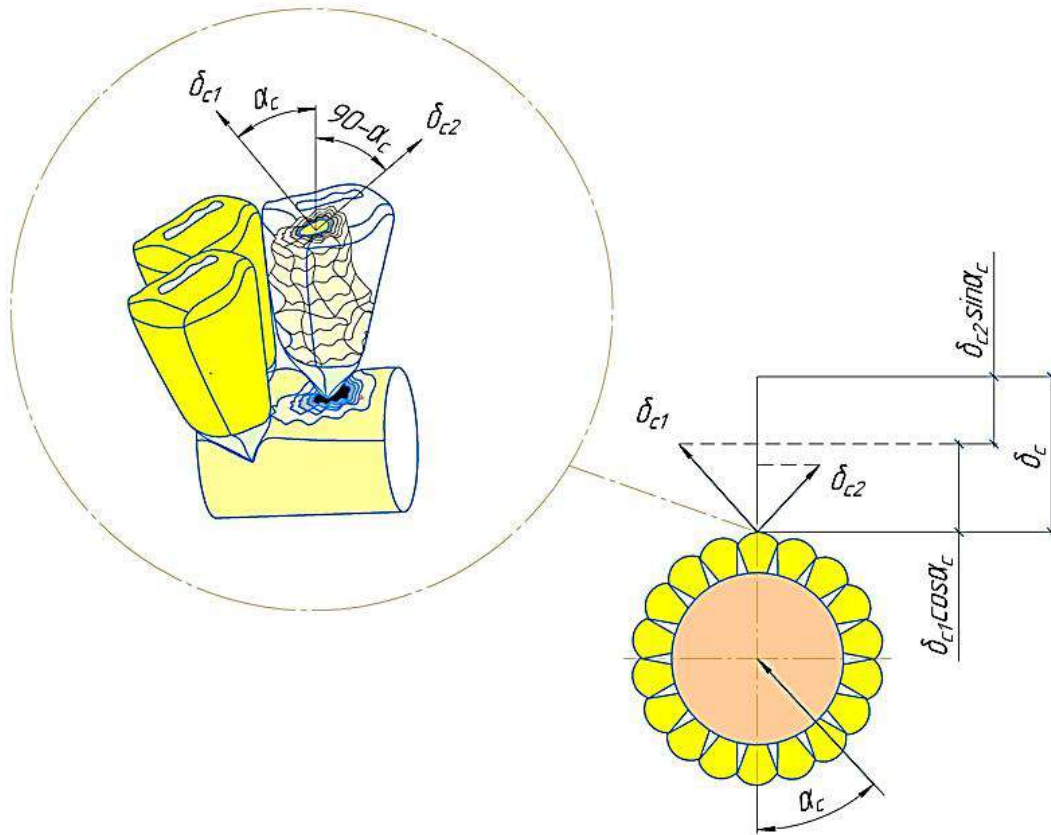


Рис. 5 – Графическая интерпретация наложения деформаций, вызывающих колебания початка

Частота ударов по початку f_y выражается формулой:

$$f_y = n_{\text{рот}} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R_d}{t_{\text{ФШ}}}, \quad (5)$$

где $n_{\text{рот}}$ – частота вращения ротора, об/с; R_d – радиус внутренней поверхности деки, м; $t_{\text{ФШ}}$ – диаметральный шаг расстановки шипов на деке, м.

Тогда, деформация в пределах α_c :

$$\delta_c = e^{-pt} (\Delta_{\text{кз}} \cdot \sin(2\pi f_y t) \cdot \cos \alpha_c + \Delta_{\text{кз}} \cdot v_1 \cdot \cos(2\pi f_y t) \cdot \sin \alpha_c), \quad (6)$$

где $\Delta_{\text{кз}}$ – амплитуда колебаний початка; $\Delta_{\text{кз}}$ – амплитуда колебаний зерна; t – координата времени; p – коэффициент затухания, который зависит от свойств материала и его массы; v_1 – коэффициент Пуассона защитной плодовой оболочки зерна кукурузы.

Дальнейшей перспективой углубления данного прикладного момента является определение условий, когда частота собственных и вынужденных колебаний початка войдут в резонанс, что достижимо посредством подбора частоты вращения ротора и количества шипов.

Работа, расходуемая на колебание початка:

$$A_{\text{кз}} = F_y^n \cdot \delta_c = \int \int_{t \alpha_c} F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \delta_c d_t d_{\alpha_c}, \quad (7)$$

где φ' – угловое отклонение от условий прямого центрального удара.

Первый этап решения уравнения (7) имеет вид:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{кс}} &= \int \int_{\alpha_c} \left(F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \left(e^{-pt} \cdot (\Delta_{\text{кс}} \cdot \sin(2\pi f_y t) \cdot \cos \alpha_c + \Delta_{\text{кс}} \cdot \nu_1 \cdot \cos(2\pi f_y t) \cdot \sin \alpha_c) \right) \right) dt d\alpha_c = \\
 &= F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \Delta_{\text{кс}} \int_0^{T_{\text{уд}}} e^{-pt} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \left(\sin(2\pi f_y t) \cdot \cos \alpha_c + \nu_1 \cdot \cos(2\pi f_y t) \cdot \sin \alpha_c \right) dt d\alpha_c = \\
 &= 2F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \Delta_{\text{кс}} \int_0^{T_{\text{уд}}} e^{-pt} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\sin(2\pi f_y t) \cdot \cos \alpha_c + \nu_1 \cdot \cos(2\pi f_y t) \cdot \sin \alpha_c \right) dt d\alpha_c = \quad (8) \\
 &= 2F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \Delta_{\text{кс}} \int_0^{T_{\text{уд}}} e^{-pt} \cdot \sin \alpha_c \cdot \sin(2\pi f_y t) - \nu_1 \cdot \cos \alpha_c \cdot \cos(2\pi f_y t) \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} dt = \\
 &= 2F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \Delta_{\text{кс}} \int_0^{T_{\text{уд}}} e^{-pt} \cdot \left(\sin(2\pi f_y t) + \nu_1 \cdot \cos(2\pi f_y t) \right) dt,
 \end{aligned}$$

где $T_{\text{уд}}$ – время удара, принимаем 0,0019...0,0024 с [8].

Тогда, второй этап решения уравнения (7) имеет вид:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{кс}} &= 2F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \Delta_{\text{кс}} \cdot (J_1 + J_2 \nu_1) \Rightarrow \quad (9) \\
 J_1 &= \int_0^{T_{\text{уд}}} e^{-pt} \cdot \sin(2\pi ft) dt = \left(\begin{array}{l} u = e^{-pt}, \quad du = -pe^{-pt} dt \\ dv = \sin(2\pi ft) dt \\ v = -\frac{1}{2\pi f} \cdot \cos(2\pi ft) \end{array} \right) = \\
 &= \frac{e^{-pt}}{2\pi f} \cdot \cos(2\pi ft) \Big|_0^{T_{\text{уд}}} - \frac{p}{2\pi f} \int_0^{T_{\text{уд}}} e^{-pt} \cdot \cos(2\pi ft) dt = \left(\begin{array}{l} u = e^{-pt}, \quad du = -pe^{-pt} dt \\ dv = \cos(2\pi ft) dt \\ v = \frac{1}{2\pi f} \cdot \sin(2\pi ft) \end{array} \right) = \\
 &= \frac{e^{-pT_{\text{уд}}} \cdot (1 - \cos(2\pi fT_{\text{уд}}))}{2\pi f} + \frac{p^2 e^{-pt}}{4\pi^2 f^2} \cdot \sin(2\pi ft) \Big|_0^{T_{\text{уд}}} - \frac{p^2}{4\pi^2 f^2} \int_0^{T_{\text{уд}}} e^{-pt} \cdot \sin(2\pi ft) dt \Rightarrow \\
 \Rightarrow J_1 &= \frac{e^{-pT_{\text{уд}}} \cdot (2\pi f \cdot (1 - \cos(2\pi fT_{\text{уд}})) + p \sin(2\pi fT_{\text{уд}}))}{4\pi^2 f^2 + p^2},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_2 &= \int_0^{T_{y0}} e^{-pt} \cdot \cos(2\pi ft) dt = \left(\begin{array}{l} u = e^{-pt}, \quad du = -pe^{-pt} dt \\ dv = \cos(2\pi ft) dt \\ v = \frac{1}{2\pi f} \sin(2\pi ft) \end{array} \right) = \\
 &= \frac{pe^{-pt}}{2\pi f} \cdot \sin(2\pi ft) \Big|_0^{T_{y0}} + \frac{p}{2\pi f} \int_0^{T_{y0}} e^{-pt} \cdot \sin(2\pi ft) dt = \left(\begin{array}{l} u = e^{-pt}, \quad du = -pe^{-pt} dt \\ dv = \sin(2\pi ft) dt \\ v = -\frac{1}{2\pi f} \cdot \cos(2\pi ft) \end{array} \right) = \\
 &= \frac{e^{-pT_{y0}} \cdot \sin(2\pi fT_{y0})}{2\pi f} + \frac{pe^{-pt}}{4\pi^2 f^2} \cdot \cos(2\pi ft) \Big|_0^{T_{y0}} - \frac{p^2}{4\pi^2 f^2} \int_0^{T_{y0}} e^{-pt} \cdot \cos(2\pi ft) dt \Rightarrow \\
 \Rightarrow J_2 &= \frac{e^{-pT_{y0}} \cdot (2\pi f \cdot \sin(2\pi fT_{y0}) + p \cdot \cos(2\pi fT_{y0}))}{4\pi^2 f^2 + p^2}.
 \end{aligned}$$

Исходя из этого получена математическая модель работы, расходуемой на колебание початка (системы стержень-зерно):

$$\begin{aligned}
 A_{kc} &= 2F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \Delta_{kc} \cdot \left(\frac{e^{-pT_{y0}} \cdot (2\pi f \cdot (1 - \cos(2\pi fT_{y0})) + p \sin(2\pi fT_{y0}))}{4\pi^2 f^2 + p^2} + \right. \\
 &+ \left. \frac{e^{-pT_{y0}} \cdot (2\pi f \cdot \sin(2\pi fT_{y0}) + p \cdot \cos(2\pi fT_{y0}))}{4\pi^2 f^2 + p^2} \cdot v_1 \right) = 2F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \Delta_{kc} \cdot e^{-pT_{y0}} \times \\
 &\times \frac{2\pi f \cdot (1 - \cos(2\pi fT_{y0})) + p \sin(2\pi fT_{y0}) + v_1 \cdot 2\pi f \cdot \sin(2\pi fT_{y0}) + v_1 \cdot p \cdot \cos(2\pi fT_{y0})}{4\pi^2 f^2 + p^2}.
 \end{aligned} \tag{10}$$

Представив часть полученного соотношения теоретико-эмпирическим коэффициентом B_{kc} , выражение (10) можно записать в виде:

$$A_{kc} = 2F_y^{n1} \cdot e^{-pT_{y0}} \Delta_{kc} \cdot B_{kc}. \tag{11}$$

Выполняя аналогичные математические исчисления для зерна получена, математическая модель работы, расходуемой на колебание зерна A_{kz} закрепленного к стержню початка, с учетом сдвиг фаз θ между колебаниями зерна и початка:

$$A_{кз} = 2F_y \cdot \cos \varphi' \cdot \Delta_{кз} \cdot e^{-pT_{y\delta}} \times \frac{2\pi f \cdot (1 - \cos(2\pi fT_{y\delta} + \theta)) + p \sin(2\pi fT_{y\delta}) + v_1 \cdot 2\pi f \cdot \sin(2\pi fT_{y\delta}) + v_1 \cdot p \cdot \cos(2\pi fT_{y\delta})}{4\pi^2 f^2 + p^2}, \quad (12)$$

$$A_{кз} = 2F_y^{n1} \cdot e^{-pT_{y\delta}} \Delta_{кз} \cdot B_{кз},$$

$$A_{кнз} = A_{кс} + A_{кз} = 2F_y^{n1} \cdot e^{-pT_{y\delta}} \cdot (\Delta_{кс} \cdot B_{кс} + \Delta_{кз} \cdot B_{кз}). \quad (13)$$

Коэффициенты $B_{кс}$ и $B_{кз}$ требуют экспериментального исследования уточнения и дополнения, однако из (10) и (12) на основании аналитических исследований определимы их приближенные численные значения. При расчете $A_{кнз}$ продолжительность удара $T_{y\delta} = 0,0025 \dots 0,0035$ с и время релаксации оболочки зерна кукурузы $\tau \approx 10T_{y\delta} = 0,03 \dots 0,04$ принято на основании исследований М.Ф. Рожковского [8]. В результате установлено, что работа на колебания не превышает 10% от работы на деформацию початка.

Исходя из вышесказанного выражение для определения теоретической скорости обмолота по И.Ф. Василенко (1) примет вид:

$$v_{обм} = \frac{1}{(1 - k_g) \cdot \cos \Theta} \sqrt{\frac{2,2 \cdot (F_y^{n1} \cdot [h] + F_y^{n1} \cdot [l_{об}] + F_y^{r1} \cdot l_3 \cdot \text{tg}[\varphi])}{m}}. \quad (14)$$

Выражение (14) позволяет определять необходимую скорость обмолота с учетом работы нормальной составляющей силы удара по погружению зерен в тело стержня, работы тангенциальной составляющей силы удара по боковому отклонению зерен, работы нормальной составляющей силы удара по прогибу оболочки зерна в зоне контакта с шипами и работы, расходуемой на колебание початка и зерна, закрепленного к стержню.

Выводы. Обобщая приведенные выше результаты, можно сделать следующие выводы.

1. В теории обмолота кукурузы активно изучается силовой фактор воздействия на зерно, однако колебательным явлениям в обмолачиваемых початках уделяется недостаточное влияние.

2. Полная работа, расходуемая на выделение зерна из стержня, состоит из четырех составляющих: работы нормальной составляющей силы удара по погружению зерен в тело стержня, работы тангенциальной составляющей силы удара по боковому отклонению зерен, работы нормальной составляющей силы удара по прогибу оболочки зерна в зоне контакта с шипами и работы, расходуемой на колебание початка и зерна, закрепленного к стержню.

3. Работа, расходуемая на колебание початка и зерна, закрепленного к стержню, математически моделируется посредством предложенной методики и выражается моделью (13), на основании которой установлено, что работа на колебания не превышает 10% от работы на деформацию початка.

4. Проведенные исследования позволяют осуществить дальнейшее развитие теории обмолота в контексте всестороннего исследования колебательных процессов в обмолачиваемой массе кукурузы.

Библиография

1. Кочетков А.В. Некоторые вопросы теории удара // Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ). Наукоедение. 2013. № 5. С. 1-15. Интернет-журнал. Электронный ресурс. Режим доступа <https://naukovedenie.ru/PDF/110tvn513.pdf>.
2. Бахарев Д.Н. Прикладные аспекты волновой теории удара в теоретических исследованиях обмолота початков кукурузы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). С. 9-15.
3. Грек, А.И. Вопросы обмолота. Владивосток, 1970. 204 с.
4. Гуров И.Н. Механико-технологические основы обмолота кукурузы: автореф. дис. на соиск. науч. степени д-ра. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» Новочеркасский политехнический институт, 1965. 37 с.
5. Петунина И.А. Обмолот початков кукурузы: монография. Краснодар : КубГАУ, 2006. 200 с.

6. Курасов В.С., Куцеев В.В., Самурганов Е.Е. Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы: монография. Краснодар : КубГАУ, 2013. 151 с.
7. 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.
8. Рожківський, М.Ф. До визначення механізму деформації і руйнування зернових матеріалів // Вісник аграрної науки. 2000. № 7. С. 50-53.

References

1. Kochetkov A.V. Nekotorye voprosy teorii udara [Some questions of the theory of impact] // Institut Gosudarstvennogo upravleniya, prava i innovatsionnykh tekhnologiy (IGUPIT). Naukovedenie. 2013. №5. S. 1-15. Internet-zhurnal. Elektronnyy resurs. Rezhim dostupa <https://naukovedenie.ru/PDF/110tvn513.pdf>.
2. Baharev D.N. Prikladnye aspekty volnovoy teorii udara v teoreticheskikh issledovaniyakh obmolota pochatkov kukuruzy [Applied aspects of the shock wave theory in theoretical studies of corn cobs threshing] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2020. № 2 (26). S. 9-15.
3. Grek, A.I. Voprosy obmolota [Threshing questions]. Vladivostok, 1970. 204 s.
4. Gurov I.N. Mekhaniko-tekhnologicheskie osnovy obmolota kukuruzy [Mechanical and technological bases of corn threshing]: avtoref. dis. na soisk. nauch. stepeni d-ra. tekhn. nauk: spec. 05.20.01 «Mekhanizatsiya sel'sko-hozyajstvennogo proizvodstva» Novocheboksarskiy politekhnicheskij institut, 1965. 37 s.
5. Petunina I.A. Obmolot pochatkov kukuruzy [Threshed corncobs]: monografiya. Krasnodar : KubGAU, 2006. 200 p.
6. Kurasov V.S., Kuceev V.V., Samurganov E.E. Mekhanizatsiya rabot v Sulecki, sortoispytani i pervichnom semenovodstve kukuruzy [Mechanization of work in selection, variety testing and primary seed production of maize]: monografiya. Krasnodar : KubGAU, 2013. 151 p.
7. 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]. Majsikiy : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. 168 p.
8. Rozhkivskij, M.F. Do viznachennya mekhanizmu deformatsii i rujnuvannya zernovih materialiv [To determine the mechanism of deformation and destruction of grain materials] // Visnik agrarnoi nauki. 2000. № 7. S. 50-53.

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

Чирок Алексей Петрович, кандидат технических наук, доцент, преподаватель учебного отдела ГБОУ СПО Краснолучский горнопромышленный колледж, ул. Луганское шоссе, д. 27, г. Красный Луч, ЛНР, 94517, тел. +380501421997, E-mail: tchirokalexci@yandex.ru

Information about authors

Alexander Gennadievich 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 Nikolaevich Bakharev, 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

Chirok Alexey Petrovich, candidate of technical sciences, associate professor, teacher of the training department of the State Budgetary Educational Institution of Secondary Vocational Education «Krasnoluchsky Mining College», st. Luganskoye Shosse, 27, Krasny Luch, LPR, 94517, tel. +380501421997, E-mail: tchirokalexci@yandex.ru

УДК 001.891:620.18:631.1

А.Г. Пастухов, О.А. Шарая, А.Г. Минасян, Е.П. Тимашиов

НАПРАВЛЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ НИР ЛАБОРАТОРИИ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В РЕШЕНИИ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Аннотация. Материально-техническое обеспечение научно-прикладных исследований на основе методов металлографии и испытания металлов и сплавов является фундаментом точности и достоверности их результатов. Вопросы обеспечения надежности деталей, узлов и агрегатов автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин и оборудования, в первую очередь, определяются основным фактором – материалом. Физико-механические свойства металлов и сплавов деталей машин определяются их химическим составом, макро- и микроструктурами. Приведенные соображения положены в основу формирования состава оборудования научной и учебной лаборатории металлографии и испытания металлов и сплавов. Лаборатория включает три секции: первая – пробоподготовка специальных образцов, вторая – металлографического и химического анализа, третья – испытаний образцов металлов и сплавов. Пробоподготовка заключается в изготовлении способами резки, запрессовки, шлифования или полирования, а также травления исследователейских микрошлифов. Вопросы химического анализа позволяют установить точный состав материала детали и соотнести его с данными нормативно-технической документации. Металлографический анализ позволяет достоверно установить структуры в строении материала и таким образом объяснить возможные физико-механические свойства, которые дополнительно проверяются при измерении микротвердости структурных фаз или послойных структур. Окончательно утвердиться в действительных прочностных и жесткостных характеристиках образцов и элементов конструкций позволяют статические испытания, проводимые до разрушения на разрыв, сжатие и сдвиг-кручение. На основании проводимых исследований в описанных секциях лаборатории металлографии и испытаний можно решать следующие агроинженерные научно-производственные задачи: входной контроль деталей машин, микроструктурный анализ, оценка физико-механических свойств, определение марки материала, установление действительных механических характеристик материалов.

Ключевые слова: надежность, входной контроль, металл, сплав, пробоподготовка, химический анализ, металлографический анализ, испытания, физико-механические свойства.

DIRECTIONS OF APPLIED RESEARCH OF THE LABORATORY OF METALLOGRAPHIC ANALYSIS IN SOLVING AGROENGINEERING PROBLEMS

Abstract. Material and technical support of scientific and applied research based on the methods of metallography and testing of metals and alloys is the foundation for accuracy and reliability of their results. The issues of ensuring the reliability of parts, joints and assemblies of cars, tractors and agricultural machines and equipment are primarily determined by the main factor - the material. Physical and mechanical properties of metals and alloys of machine parts are determined by their chemical composition, macro- and microstructures. The above considerations are the basis for the formation of the equipment composition of the scientific and educational laboratory of metallography and testing of metals and alloys. The laboratory includes three sections: the first - sample preparation of special samples, the second - metallographic and chemical analysis, the third - tests of samples of metals and alloys. Sample preparation consists in manufacturing by cutting, pressing, grinding or polishing methods, as well as etching research tablets called microchips. Chemical analysis issues allow you to establish the exact composition of the part material and correlate it with the data of regulatory and technical documentation. Metallographic analysis allows you to reliably establish structures in the structure of the material and thus explain the possible physical and mechanical properties, which are additionally checked when measuring the microhardness of structural phases or layer structures. Static tests carried out before breaking, compression and shear-torsion can finally establish themselves in the actual strength and stiffness characteristics of samples and structural elements. Based on the research carried out in the described sections of the metallography and test laboratory, the following agroengineering scientific and production tasks can be solved: incoming control of machine parts, microstructural analysis, assessment of physical and mechanical properties, determination of material grade, establishment of actual mechanical characteristics of materials.

Keywords: reliability, input control, metal, alloy, sample preparation, chemical analysis, metallographic analysis, testing, physical and mechanical properties.

Постановка проблемы. Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года (распоряжение правительства Российской Федерации от 12 апреля 2020 года № 993-р) в рамках прогноза развития агропромышленного комплекса указывается необходимость снижения импорта технологий и поддержка развития отечественных технологий сельскохозяйственного машиностроения с целью реализации инновационных технологий производства базовых видов сельскохозяй-

ственной техники [1]. Одним из основных компонентов инновационных технологий являются применяемые материалы и технологии их термической обработки с целью получения повышенных физико-механических характеристик, что позволяет минимизировать расход материалов для производства и эксплуатации несущих деталей конструкций, передаточных механизмов и рабочих органов автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин и оборудования.

Высокое качество производимой продукции, её соответствие техническим требованиям – залог успешной работы любого предприятия. Если крупные предприятия металлургии и машиностроения, располагающие внушительной материально-технической базой, имеют собственные металлографические лаборатории для контроля качества металлов и сплавов, то сельскохозяйственные предприятия пользуются услугами независимых лабораторий либо научно-исследовательских институтов с целью получить информацию о качестве заготовок, из которого производятся детали, о свойствах упрочненных и восстановленных деталей сельскохозяйственных машин и оборудования перерабатывающих производств. Созданная в Белгородском ГАУ лаборатория металлографии и испытания материалов, оснащенная самым современным оборудованием, позволит как крупным аграрным холдингам, сельскохозяйственным предприятиям, так и небольшим крестьянско-фермерским хозяйствам оперативно решать вопросы контроля качества металлов и сплавов, замены оригинальных деталей отечественными аналогами, а также разработки технологий упрочнения и восстановления изношенных деталей.

Анализ исследований и публикаций. Введение санкционных мер в отношении Российской Федерации позволило более интенсивно развиваться собственному сельскохозяйственному производству, что дало мощный импульс дальнейшему развитию и совершенствованию инженерных служб [2]. Остро встал вопрос импортозамещения сельскохозяйственной техники и оборудования [3, 4]. Для оперативного решения вопросов качества исходных материалов, установления причин выхода из строя деталей, их замены отечественными аналогами, разработки технологий термической, химико-термической обработки и других методов упрочнения стали создаваться центры коллективного пользования, позволяющие проводить исследования материалов на современном уровне [5].

Неоднородность качества металлопродукции, не соответствие её химического состава и механических свойств к требованиям стандарта, не точное соблюдение технологии изготовления и некорректное назначение параметров режимов упрочнения или восстановления, зачастую являются причиной отказа эксплуатационных функций многих деталей, применяемых в машиностроении, в том числе агропромышленном [6, 7]. В этой связи при выявлении причин разброса качества деталей необходимо оценить как структурные, так и технологические и металлургические факторы, лимитирующие его.

Задачей металлографических лабораторий при университетах является реальная помощь всем заинтересованным лицам в достоверном определении качества исходных материалов и готовой продукции. С помощью металлографии имеется возможность изучать строение и структуру различных материалов. Анализ может показать, какие физико-химические изменения произошли в составе металлов и насколько они повлияли на снижение прочности деталей. Специально подготовленные к исследованию образцы сначала подвергаются всестороннему анализу с помощью лабораторных микроскопов. Современные способы интерпретации результатов дают возможность оперативно получить необходимую информацию [8, 9]. К возможностям металлографических лабораторий также можно отнести изучение механических свойств металлов и их сплавов.

Испытания образцов металлов и сплавов с целью определения их механических характеристик необходимы не только в условиях металлургического производства, но и для решения профессиональных задач в машиностроении и при эксплуатации техники [10, 11]. Существующий в нашей лаборатории нормативно-методический и машинный инструментальный позволяют производить определение механических характеристик материалов стандартных образцов и деталей с необходимым уровнем точности [12, 13].

Цель и задачи исследования – формирование актуальных направлений научно-прикладных исследований лаборатории металлографии и испытания металлов и сплавов, обусловленных наличием специального исследовательского оборудования и квалификацией сотрудников кафедры технической механики и конструирования машин.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) привести перечень и указать назначение установленного оборудования;
- 2) провести анализ и дать описание методик проводимых научно-прикладных исследований;
- 3) сформулировать основные направления научно-прикладных исследований лаборатории применительно к решению научно-производственных задач.

Методика и результаты исследований. Во всех областях научных исследований и производственного контроля крайне важным является этап подготовки образцов. От того, насколько качественно подготовлен образец, во многом зависят результаты исследований, тестов, анализов.

Оборудование участка изготовления металлографических образцов фирмы STRUERS позволяет готовить на самом высоком уровне материалы для исследований структуры методами оптической и электронной микроскопии, дюрометрического анализа (измерения твердости) и других методов. Пробоподготовка – это совокупность действий над изучаемым образцом для перевода его в форму, наиболее подходящую для дальнейшего исследования. Она помогает повысить точность получаемых результатов, расширить исследуемый диапазон значений, повысить безопасность исследования, ускорить тест, улучшить воспроизводимость и снизить погрешность результатов.

Методика пробоподготовки образцов включает в себя отрезание образца абразивным кругом, запрессовку его в полимерный материал, автоматизированное шлифование, полирование и металлографическое травление (при необходимости).

Отрезание образцов осуществляется на настольном ручном отрезном станке Labotom-5 (рисунок 1, а), оснащенном рециркуляционной системой охлаждения водным раствором охлаждающего реагента. Резка образцов абразивным кругом обеспечивает чистый и точный срез, а эффективное охлаждение позволяет минимизировать температурное влияние на микроструктуру материала вблизи зоны резки (рисунок 1, б). Следует отметить, что используемые корундовые или карбидокремниевые отрезные диски не имеют упрочняющей армировки. Это сделано во избежание диффузии материала армировки на обработанную поверхность образца, что может исказить результаты исследований.



а) общий вид

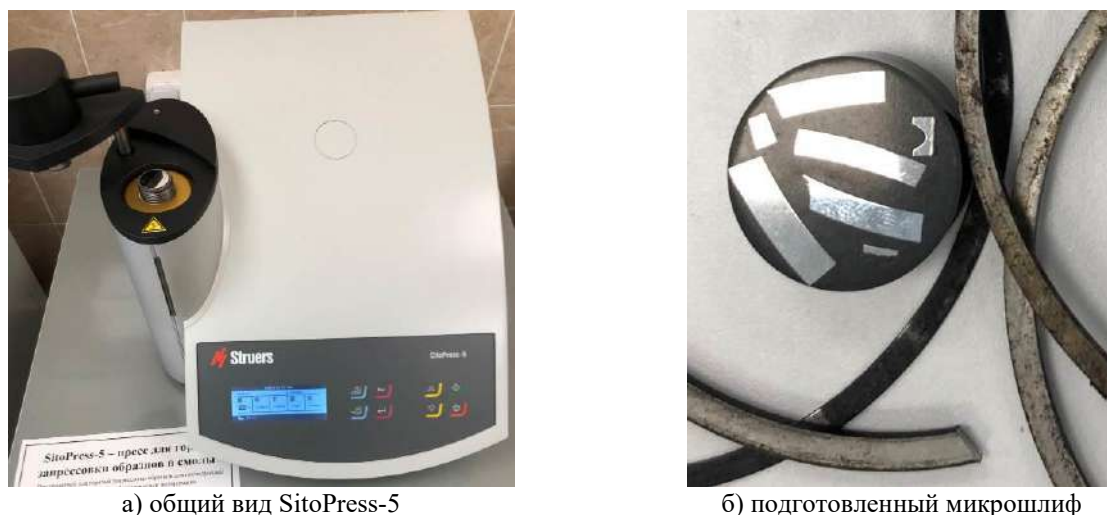


б) процесс отрезания образца

Рис. 1 – Настольный ручной отрезной станок Labotom-5

Последующим шагом является его запрессовка на прессе для горячей запрессовки образцов в смолы SitoPress-5 (рисунок 2, а). Горячая запрессовка обеспечивает комфортную работу с маленькими образцами, защиту непрочных материалов, микроскопических слоев и

покрытий в ходе пробоподготовки, получение образцов высокого качества одинаковых размеров, а также предупреждение завала краев образцов. С целью оптимизации пробоподготовки объектов исследования тонкого сечения, их фиксируют по несколько образцов в одной запрессовке (рисунок 2, б). При запрессовке образец вместе со специальным полимерным порошком помещается в пресс. В условиях высокой температуры и давления порошок полимеризуется, получается форма с образцом. Диаметры получаемых форм имеют одинаковые размеры, что делает фиксацию в автоматических держателях простой и удобной для дальнейших этапов подготовки.



а) общий вид SitoPress-5
 б) подготовленный микрошлиф

Рис. 2 – Пресс для горячей запрессовки образцов в смолы SitoPress-5

После запрессовки, для получения поверхностей образца с высокой отражающей способностью, которая свободна от деформаций и царапин, образцы перед исследованием на микроскопе подвергаются шлифованию и полированию на шлифовально-полировальной машине LaboPol-30 (рисунок 3, а). Станок оснащен плоской магнитной вращающейся планшайбой, на которой закрепляется металлический диск либо с бумагой разной степени зернистости (для шлифовки), либо с тканью (для полировки). Система управления позволяет регулировать направление вращения диска (рисунок 3, б), скорость и время обработки, а с помощью дозирующего блока со встроенным таймером и 4-я перистальтическими помпами обеспечивается эффективный контроль и дозирования потребления алмазных суспензий и охлаждающего лубриканта.

В держатель автоматической головки машинки одновременно помещается до шести образцов одного диаметра. Головка перемещения образцов механизировано позиционируется в горизонтальном и вертикальном направлениях с функцией запоминания. Скорость, направление вращения и усилие, прилагаемое к образцам, регулируются. Последнее, позволяет изменять толщину слоя материала, снятого с поверхности образца. Для обработки различных типов образцов можно выбрать требуемую глубину шлифования.

Шлифование и полирование позволяет получить исключительно плоскую поверхность образцов с постоянным воспроизводимым качеством.

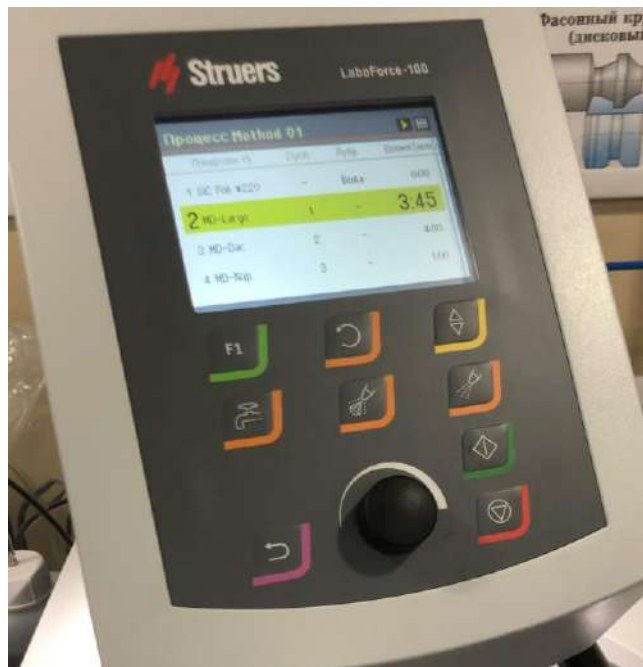
Для выявления в металлической основе в подготовленных образцах неметаллических включений: сульфидов, оксидов, графита, микропор, трещин и других дефектов – микрошлиф исследуют без травления. Для изучения структуры металлической основы образца его травят, т.е. обрабатывают химически активными веществами (реактивами). В качестве травителя чаще всего применяют слабые спиртовые или водные растворы кислот или щелочей, а также смеси различных кислот. Для травления сталей и чугунов чаще всего используют 2...4% раствор азотной кислоты (HNO_3) в этиловом спирте или воде. Шлиф полированной поверхностью погружают в ванну с раствором (травителем) на 3...15 с до появления ровного матового оттенка без пятен. Затем шлиф сразу же промывают проточной водой, протирают спир-

том и высушивают фильтровальной бумагой. Для защиты персонала от вредных выделений при травлении образцов, травление проводят в специальном вытяжном шкафу МОЛ-39-02.

При разработке новых технологий получения и упрочнения металлических деталей, а также использовании существующих технологий и материалов необходимо постоянно проводить контроль химического состава и микроструктуры от которых напрямую зависят свойства получаемых изделий.



а) общий вид



б) меню управления

Рис. 3 – Шлифовально-полировальная машина LaboPol-30

В секции металлографического анализа имеется возможность: 1) определять структурные составляющие металлов и сплавов, неметаллические включения и интерметаллидные фазы; 2) обнаруживать микродефекты в металле; 3) выявлять особенности дендритного строения в различных зонах слитка; 4) устанавливать особенности диффузионных процессов, проходящих при сварке и пайке металлов, особенности превращений при различных видах термической, химико-термической и других видах упрочняющей обработки.

Металлография – это область исследования, которая не только помогает усовершенствовать имеющиеся технологии производства продукции, но и открывает возможности для создания новых материалов. Помимо различного оборудования, в металлографии используются расходные материалы, например, алмазные и абразивные отрезные диски, шлифовальные диски, абразивная бумага, полировальные станки, алмазные и коллоидные суспензии, компаунды для запрессовки и т. д.

Многие производители держат в секрете точный химический состав металла своей продукции, но с современным оборудованием можно получить подробный состав любого материала. Вам необходимо узнать материал образца или подобрать аналог для опытного изделия? Специалисты нашей лаборатории определяют химический состав и марку материала на оптико-эмиссионном спектрометре Q2 ION (рисунок 4), который оснащен цифровым генератором возбуждения искры с частотой 1000 Гц и программным обеспечением ELEMENTAL SUITE с включенным марочником сплавов.

Например, по заказу НПО «Альтернатива» (г. Волгоград) нами были проведены исследования по определению химического состава штанги-упругой различного исполнения и вала-пружины (рисунок 5 и 6) [14].



а) общий вид



б) зона измерений

Рис. 4 – Оптико-эмиссионный спектрометр Q2 ION

Element	Unit	Average	Abs. Std. Dev.	Rel. Std. Dev.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	%	0,672	0,047	6,95	0,678	0,626	0,626	0,699	0,601	0,727	0,676	0,646	0,754	0,608
Si	%	~1,630	0,144	8,81	~1,528	~1,664	~1,549	~1,581	~1,560	~1,582	~1,604	~1,622	>1,800	~1,669
Mn	%	0,447	0,028	6,20	0,425	0,433	0,421	0,438	0,457	0,486	0,420	0,437	0,449	0,502
P	%	<0,0030	0,028	85,21	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,043	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
S	%	<0,0030	0,021	214,87	<0,0030	<0,003	<0,003	<0,003	0,028	0,0045	<0,003	<0,003	0,014	<0,0030
Cr	%	0,122	0,0090	7,35	0,122	0,118	0,112	0,117	0,129	0,134	0,113	0,115	0,125	0,138
Mo	%	0,048	0,013	27,13	0,044	0,057	0,054	0,035	0,038	0,029	0,043	0,052	0,060	0,071
Ni	%	0,284	0,023	8,00	0,311	0,296	0,268	0,265	0,267	0,303	0,258	0,262	0,306	0,311
Cu	%	0,073	0,030	41,29	0,074	0,085	0,086	0,084	0,080	0,088	<0,002	0,080	0,081	0,081
Al	%	0,030	0,033	110,26	0,018	0,020	0,019	0,019	0,020	0,021	<0,002	0,023	0,026	0,100
Co	%	0,040	0,0047	11,58	0,036	0,042	0,038	0,047	0,045	0,044	0,033	0,037	0,044	0,037
Nb	%	0,011	0,0044	38,63	0,0073	0,012	0,013	0,012	0,0086	0,022	NaN	0,010	0,0075	0,011
Ti	%	0,0091	0,011	115,78	0,0039	0,0040	0,0044	0,0051	0,0042	0,0065	NaN	0,0041	0,036	0,014
V	%	<0,0030	0,0008	29,91	<0,0030	<0,0010	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	NaN	<0,0030	<0,0030	<0,0030
W	%	<0,020	0,045	178,25	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,020	<0,020	<0,020	<0,0200	<0,020	<0,0200	<0,020
B	%	0,0045	0,0040	89,45	0,0074	0,0073	0,0056	0,0064	<0,0010	<0,0010	0,0084	0,0051	0,0062	0,0022
Sr	%	0,096	0,015	15,20	0,095	0,102	0,103	0,115	0,113	0,087	0,092	0,098	0,089	0,064
Fe	%	96,51	0,236	0,24	96,65	96,53	96,70	96,58	96,57	96,42	96,75	96,60	95,92	96,39

Рис. 5 – Интерфейс экрана при проведении химического анализа (2019-2)

Element	Unit	Average	Abs. Std. Dev.	Rel. Std. Dev.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	%	0,740	0,023	3,09	0,751	0,724	0,737	0,783	0,739	0,726	0,771	0,741	0,707	0,725
Si	%	0,222	0,0086	3,87	0,232	0,222	0,223	0,205	0,218	0,226	0,218	0,231	0,231	0,214
Mn	%	0,814	0,017	2,03	0,823	0,801	0,798	0,801	0,812	0,813	0,849	0,832	0,799	0,812
P	%	<0,0030	0,0038	9,86	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
S	%	<0,0030	0,0073	38,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,0030	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Cr	%	0,074	0,0041	5,53	0,073	0,075	0,072	0,079	0,069	0,078	0,080	0,070	0,069	0,074
Mo	%	0,021	0,0045	21,61	0,022	0,026	0,015	0,024	0,015	0,019	0,016	0,019	0,027	0,023
Ni	%	0,113	0,0084	7,45	0,104	0,112	0,116	0,124	0,100	0,117	0,119	0,102	0,115	0,122
Cu	%	0,156	0,0034	2,18	0,159	0,152	0,160	0,153	0,156	0,152	0,159	0,157	0,158	0,151
Al	%	0,025	0,0029	11,65	0,023	0,023	0,024	0,024	0,024	0,024	0,023	0,027	0,028	0,032
Co	%	0,036	0,0032	8,98	0,032	0,037	0,038	0,041	0,032	0,036	0,041	0,033	0,034	0,035
Nb	%	0,0095	0,0024	25,43	0,012	0,0054	0,012	0,013	0,0085	0,0070	0,011	0,0084	0,0088	0,0042
Ti	%	0,0039	0,0005	11,57	0,0042	0,0034	0,0040	0,0048	0,0033	0,0035	0,0040	0,0038	0,0040	0,0043
V	%	<0,0030	0,0003	10,86	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
W	%	0,037	0,024	66,24	0,077	0,025	<0,020	<0,0200	0,055	0,032	<0,020	0,032	0,058	0,059
B	%	<0,0010	0,0012	308,46	<0,0010	<0,00100	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Sr	%	0,107	0,012	11,43	0,103	0,102	0,116	0,129	0,090	0,107	0,119	0,090	0,110	0,104
Fe	%	97,64	0,038	0,04	97,58	97,69	97,67	97,62	97,68	97,66	97,58	97,65	97,65	97,64

Рис. 6 – Интерфейс экрана при проведении химического анализа (вал-пружина)

В каждой таблице представлены по 10 замеров химического состава образца материала (в правой части) и осредненные показания содержания указанных элементов по строкам с

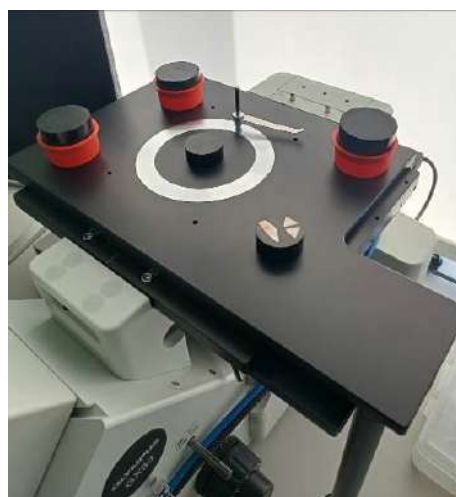
приведением абсолютного и относительного отклонений от среднего (в левой части). Окончательные значения принимаются по второй колонке таблицы, где приведены средние значения содержания химических элементов в сплавах, которые выделены жирным шрифтом. В левой нижней части фото на экране указан метод определения химического состава Fe110 (Low Alloy), применяемый для низколегированных сталей.

Анализ полученных данных с учетом сопоставления с данными ГОСТ 14959-2016 показал, что: образец штанги упругой 2019 года производства, представленный в виде сырца изготовлен из стали марки 60С2А, при этом отмечается отклонение от стандартного содержания углерода С – 0,712 (стандарт 0,58...0,63) на 13%, а образец вала-пружины, представленный в виде отрезка покупного изделия, изготовлен из стали марки 70, при этом отмечаются отклонения от стандартного содержания серы $S < 0,0030$ (стандарт не более 0,035) и фосфора $P < 0,0030$ (стандарт не более 0,035), что указывает на высокое качество стали.

Инвертированный металлографический микроскоп OLUMPYS GX53 (рисунок 7) предназначен для изучения микроструктуры металлов и сплавов и оснащен аналитическим блоком SIAMS 800 для анализа изображений. Микроскоп позволяет изучать структуру материала, определять размер зерна, неметаллических включений, различных дефектов, измерять толщину диффузионных слоев на поверхности материала в отраженном свете с увеличениями от 25 до 1000 крат. Образцами служат непрозрачные полированные шлифы. Исследования проводятся с использованием всех современных методов контрастирования: светлое, темное поле, поляризационный контраст, флуоресценция, дифференциально-интерференционный контраст.



а) общий вид

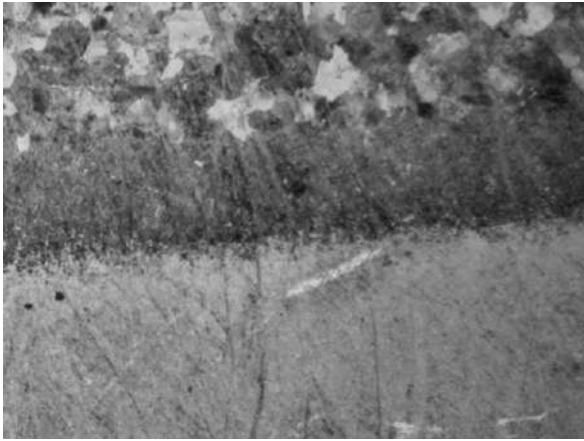


б) предметный столик

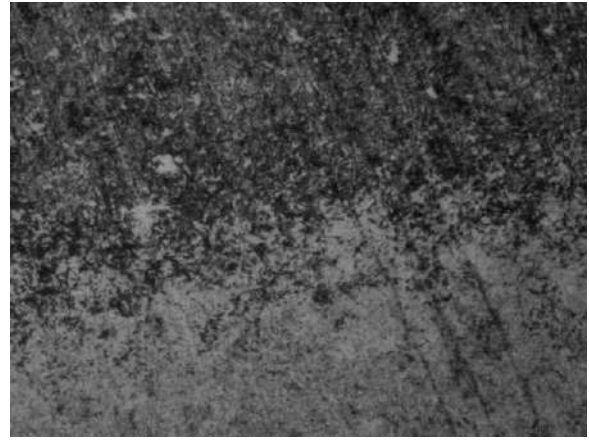
Рис. 7 – Инвертированный металлографический микроскоп OLUMPYS GX53

Использование микроскопа позволило нам выявить микроструктуру поверхности стали 65Г, применяемой для изготовления дисков сошника, после электромеханического упрочнения [15].

С целью выявления структуры и характеристики режимов электромеханического упрочнения, проведен микроструктурный анализ образцов, который показал, что на упрочненной поверхности образца сформирован слой, состоящий из нескольких зон: белой, светлой нетравящейся и темной мартенситной, переходящей в феррито-перлитную структуру основы. В частности, исследованы: зона светлого и переходного слоя образца при $\times 100$ и $\times 500$ увеличении (рисунок 8, а, б), где четко выделяется переходная зона с игольчатым строением, а также светлый слой (рисунок 9, а) с областями зарождения мартенситных игл, переходящий в ферритно-перлитную структуру металлической основы (рисунок 9, б).

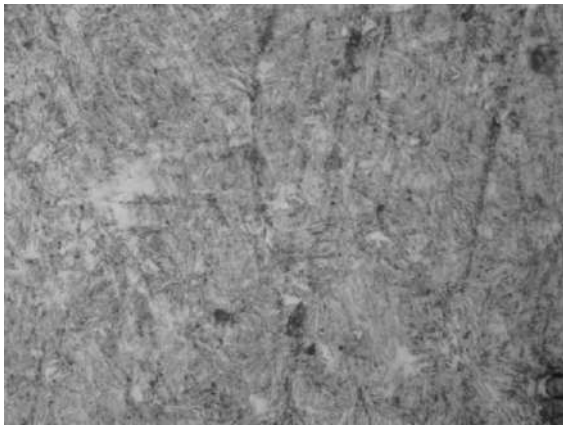


а) светлый слой и переходная зона при $\times 100$

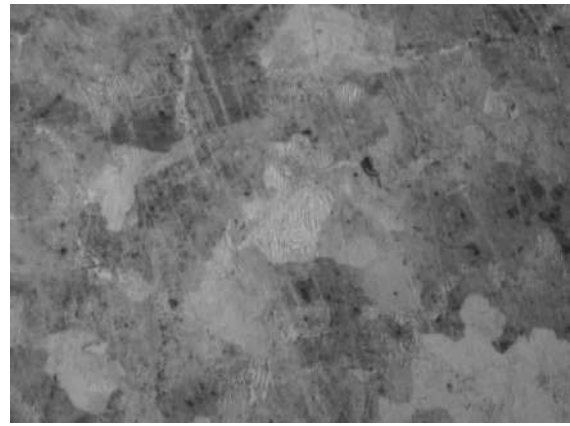


б) светлый слой и переходная зона $\times 500$

Рис. 8 – Изображения микроструктуры стали 65Г после упрочнения



а) белый слой при увеличении $\times 500$



б) основа образца при увеличении $\times 500$

Рис. 9 – Изображения микроструктуры стали 65Г после упрочнения

В решении вопроса определения материала стрелчатых культиваторных лап, перед их восстановлением, решающим было исследование микроструктуры, которое показало, что это не износостойкая сталь, как предполагали заказчики, а белый чугун, имеющий структуру перлит, ледебурит и цементит (рисунок 10, а) [16]. Нами была исследована микроструктура серого чугуна поршневых колец по ГОСТ 1412-85 и ГОСТ 3443-87 (рисунок 10, б) [17].



а) белый чугун при увеличении $\times 500$



б) серый чугун при $\times 100$

Рис. 10 – Изображения микроструктуры

Твердомер DuraScan 20G5 (рисунок 11) предназначен для определения микротвердости по Виккерсу с возможностью оценки твердости отдельных фаз и структурных составля-

ющих при нагрузках от 0,1 до 625 Н и наглядного представления изменения твердости по глубине упрочненных и восстановленных деталей машин и оборудования.

Прибор применяется для определения микротвердости сталей марок 45 и 65Г после лазерной и плазменной обработки поверхности, предварительно легированной порошками твердых сплавов системы: вольфрам – ванадий – хром. Отпечатки алмазной пирамидки были нанесены от поверхности вглубь образца на расстояния не менее, чем два диаметра отпечатка друг от друга. Фотографии микроструктур с нанесенными отпечатками представлены на рисунке 12 [18-20].

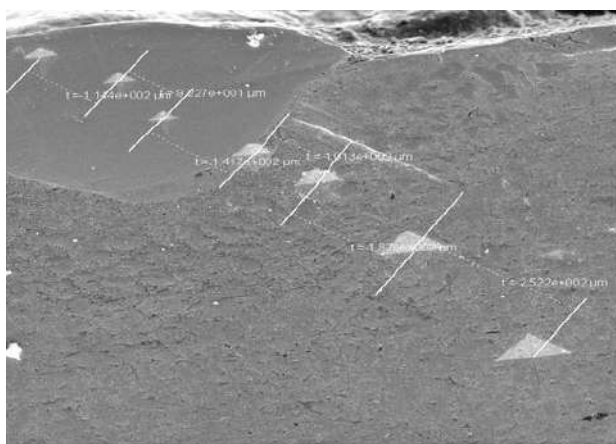


а) общий вид

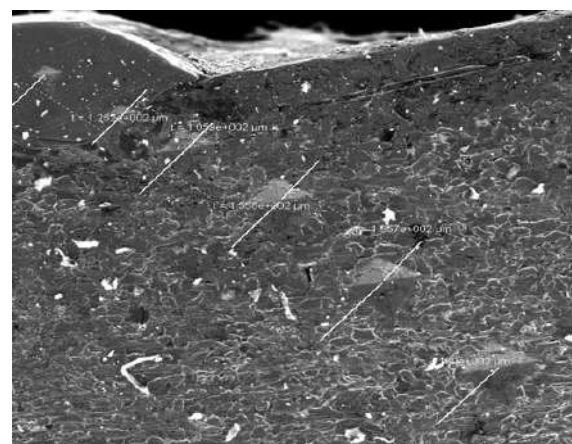


б) микроструктура с нанесенным отпечатком

Рис. 11 – Твердомер DuraScan 20 G5



а) система микролегирования W-V-Cr



б) система микролегирования W-V-Co-Cr

Рис. 12 – Распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя после лазерного микролегирования на стали 45

Испытания стандартных образцов металлов и сплавов предназначены для определения и оценки их физико-механических свойств с целью контроля соответствия деталей техническим требованиям. В лаборатории металлографического анализа на участке испытания металлов и сплавов определяют физико-механические характеристики материалов стандартных образцов: при испытаниях на растяжение по ГОСТ 1497; при испытаниях на сжатие по ГОСТ 25.503; при испытаниях на кручение по ГОСТ 3565. Участок оснащен следующими машинами: МР-100 – машина для испытания образцов на растяжение (рисунок 13, а); КМ-50-1 – машина для испытания образцов на кручение (рисунок 13, б); Р-5 – машина для испытания образцов на сжатие (рисунок 13, в).



а) машина МР-100

б) машина КМ-50-1

в) машина Р-5

Рис. 13 – Техническое оснащение участка испытаний металлов и сплавов

Результаты испытаний позволяют определять механические характеристики материалов, выявлять причины механических отказов и осуществлять входной контроль качества деталей машин на предприятии.

В процессе испытаний стандартных образцов экспериментальным путем определяются физико-механические характеристики конструкционных материалов: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, предел прочности, истинное сопротивление разрыву, модуль продольной упругости, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, относительное остаточное удлинение и относительное остаточное сужение, относительный остаточный сдвиг, удельная работа, затрачиваемая на разрушение образца, характер разрушения.

Сопоставление действительных физико-механических свойств и заявленных в технической документации (сертификатах) необходимо для подтверждения исходного качества материалов деталей на этапе изготовления, что позволяет на этапе эксплуатации сельскохозяйственной техники реализовывать рекомендуемые режимы и параметры рабочих процессов. В этих вопросах испытания устанавливают четкую связь между составом, структурой и свойствами материала исследуемых деталей.

Обработка результатов испытаний материалов производится в среде MS Excel. На рисунке 14 представлено интерфейс окна программы с результатами испытаний трех образцов на растяжение.

Для каждого металлического изделия или детали характерны определенные механические свойства, которые определяют надежность при функционировании. Исходя из функционального назначения детали, характера нагрузок, которым она подвергается при использовании, и вида разрушения эксперты сделают вывод о необходимости проведения тех или иных исследований и по результатам исследования определяют причины, которые привели к повышенному износу, разрушению, деформации и другим неприятным последствиям для изделия из металла или сплава.

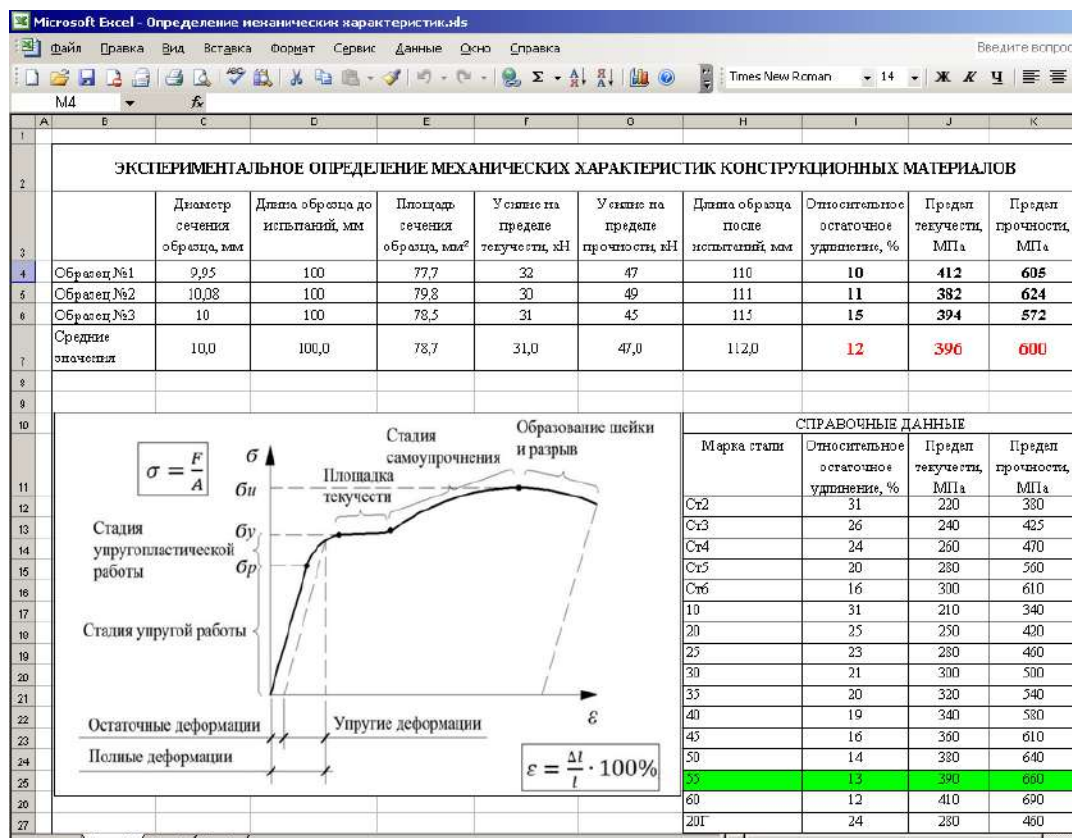


Рис. 14 – Интерфейс окна программы с результатами испытаний на растяжение

Таким образом, в секции испытания металлов и сплавов, на основании результатов испытаний решаются следующие задачи: 1) установление соответствия реального материала механическим характеристикам, заявленным в сертификате или технических требованиях; 2) ориентировочное определение марки материал по соответствию данным марочников и нормативно-технической документации; 3) определение действительных физико-механических характеристик деталей машин.

Выводы и перспективы исследований. Отмечаем окончательно, что лаборатория металлографии и испытания металлов и сплавов имеет потенциальные возможности проводить следующие научно-прикладные исследования:

- 1) пробоподготовка образцов для микроструктурного анализа (резка образцов с высокой точностью без прижога и деформации, запрессовка образцов в смолы, автоматическое шлифование и полирование, травление);
- 2) входной (приемочный) контроль материалов деталей машин (на основе анализа химического состава, выявления истинных дефектов, свойств материала, толщины покрытий и других показателей и характеристик);
- 3) проведение микроструктурного анализа на металлографическом микроскопе с использованием обеспечения для анализа изображений SIAMS 800 (Анализ величины зерна в сталях и сплавах ГОСТ 5639, Сталь. Определение неметаллических включений ГОСТ 1778);
- 4) измерение твердости в макро- и микродиапазонах по Виккерсу, с возможностью единичного и серийного измерения твердости;
- 5) оценка соответствия реального материала механическим характеристикам, заявленным в сертификате или технических требованиях;
- 6) ориентировочное определение марки материал по соответствию данным марочников и нормативно-технической документации;
- 7) определение действительных физико-механических характеристик деталей машин.

На основании обобщения вышеизложенного можно резюмировать, что лаборатория металлографии и испытания металлов и сплавов Белгородского ГАУ оснащена самым современным оборудованием, позволяющим проводить комплексные исследования состава,

структуры и свойств материалов сельскохозяйственных машин и оборудования, что в совокупности с профессионализмом специалистов гарантирует высокий уровень качества исследований.

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. № 4 (137). С. 220-229.
2. Кушнарв, Л.И. О создании инженерно-технической системы АПК РФ / Л.И. Кушнарв, Е.В. Чепурина, С.Л. Кушнарв, А.Л.Чепурина // Ремонт. Восстановление. Модернизация 2015. № 10. С. 3-8.
3. Стребков С.В., Слободюк А.П., Бондарев А.В. Экономическое подтверждение объективной необходимости замещения импортных запасных частей восстановлением // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2015. № 3 (7). С. 17-28.
4. Лялякин, В.П. Восстановление деталей машин – важное направление импортозамещения // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2019. № 9. С. 3-5.
5. Соловьев, Р.Ю., Федотов А.В., Дунаев А.В. Комплексные исследования в Наноцентре ГОСНИТИ // Технология металлов. 2011. № 9. С. 53-56.
6. Богомолова, Н.А., Гордиенко Л.К. Металлография и общая технология металлов. М.: Высш. шк., 1983. 79 с.
7. Пастухов, А.Г., Минасян А.Г., Шарая О.А. Оценка напряженно-деформируемого состояния сегмента прессвалкового измельчителя // Технология машиностроения. 2016. № 3. С. 43-46.
8. Кларк, Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э.Р. Кларк, К.Н. Эберхардт. М. : Техносфера, 2007. 376 с.
9. Мырзакожа, Д.А., Мирзаходжаев, А.А. Современные методы исследования. Алматы : Изд-во Казахстанско-Британского технического университета, 2006. 306 с.
10. Скородумов, С.В. Разработка методических подходов к распространению результатов испытаний металла труб на эксплуатируемые трубные секции / С.В. Скородумов, Н.Ю. Никитин, Г.В. Нестеров // Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России : Сборник тезисов, Москва, 12-14 февраля 2018 года. Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2018. С. 173.
11. Аль-Кхузаи, А.С.О. Исследование сопротивления пластической деформации стали марки 32ХГА / А.С.О. Аль-Кхузаи, В.В. Широков, А.В. Выдрин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия : Металлургия. 2020. Т. 20. № 1. С. 80-86. DOI 10.14529/met200109.
12. Кожевникова, Г.В. Методы испытания пластичности металлов / Г.В. Кожевникова // Перспективные материалы и технологии : Сборник материалов международного симпозиума, Брест, 27-31 мая 2019 года / Под общей редакцией В.В. Рубаника. Брест: Витебский государственный технологический университет, 2019. С. 427-429.
13. Камзанов, Н.С. Физические основы определения механических характеристик металлов / Н.С. Камзанов, А.Е. Канажанов, А.Н. Оразбаева // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2020. № 2 (113). С. 36-43. DOI 10.52167/1609-1817-2020-113-2-36-43.
14. Пастухов, А.Г., Шарая, О.А., Минасян, А.Г. Отчет НИР № 6.7.80 от 11.01.21г. (ООО «Альтернатива» г. Волгоград) Оценка качества изделий универсальных прочистных установок. п. Майский. 2021. 38 с.
15. Pastukhov, A. Metod of Justification of Machine Parts Hardening Modes / Alexander Pastukhov, Olga Sharaya, Eugeny Timashov, Dmitriy Bakharev // Substation of deck parameter of rotary threshing device/ Proceedings, Vol. 20: Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, 2021. Pp.74-80.
16. Стребков, С.В. Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых культиваторных лап электроискровой обработкой / С.В. Стребков, А.П. Слободюк, А.В. Бондарев, А.В. Сахнов, С.Н. Алейник // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 1(21). С. 71-79.
17. Vodolazskaya, N., Sharaya, O. Research of Alternative Options for Strengthening Surface Treatment of Cast Iron Products // Defect and Diffusion Forum, vol. 410, Trans Tech Publications, Ltd., Aug. 2021, Pp. 9-14.
18. Pastukhov, A. Hardening of parts of agricultural machinery with laser micro alloying / A. Pastukhov, O. Sharaya, N. Vodolazskaya, A. Minasyan // Engineering for rural development. Proceedings, Vol. 17, Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, 2018. Pp. 1360-1365.
19. Шарая, О.А., Пастухов, А.Г., Кравченко, И.Н. Инженерия поверхности упрочненных деталей: монография. М. : ИНФРА-М, 2020. 124 с.
20. Канаев, А.Т. Плазменная закалка лемеха плуга из конструкционной стали 65Г / А.Т. Канаев, А.А. Гуляренко, П.А. Тополянский, Т.Е. Сарсембаева // Горение и плазмохимия. 2020. – № 18. С. 87-93.

References

1. 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). 220-229.

2. Kushnarev L.I. O sozdanii inzhenerno-tekhnicheskoy sistemy APK RF [On the creation of an engineering and technical system of the agro-industrial complex of the Russian Federation] / L.I. Kushnarev, E.V. Chepurina, S L. Kushnarev, A.L. Chepurina // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya 2015. N 10. 3-8.
3. Strebkov S.V., Slobodyuk A.P., Bondarev A.V. Ekonomicheskoe podtverzhenie ob"ektivnoj neobhodimosti zameshcheniya importnykh zapasnykh chastej vosstanovleniem [Economic confirmation of the objective need to replace imported spare parts with restoration] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2015. N 3(7). 17-28.
4. Lyalyakin, V.P. Vosstanovlenie detalej mashin – vazhnoe napravlenie importozameshcheniya [Restoration of machine parts is an important area of import substitution] // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya. 2019. N 9. 3-5.
5. Solov'ev, R.Yu., Fedotov A.V., Dunaev A.V. Kompleksnye issledovaniya v Nanocentre GOSNITI [Comprehensive research at the GOSNITI Nanocenter] // Tekhnologiya metallov. 2011. N 9. 53-56.
6. Bogomolova, N.A., Gordienko L.K. Metallografiya i obshchaya tekhnologiya metallov [Metallography and general technology of metals.]. M. : Vyssh. shk., 1983. 79 p.
7. Pastuhov, A.G., Minasyan A.G., SHaraya O.A. Ocenka napryazhenno-deformiruemogo sostoyaniya segmenta pressvalkovogo izmel'chatelya [Evaluation of the stress-deformable state of the segment of the roller shredder press] // Tekhnologiya mashinostroeniya. 2016. N 3. 43-46.
8. Klark, E.R. Mikroskopicheskie metody issledovaniya materialov [Microscopic methods of materials research] / E.R. Klark, K.N. Eberhardt. M. : Tekhnosfera, 2007. 376 p.
9. Myrzakozha, D.A., Mirzahodzhaev, A.A. Sovremennye metody issledovaniya [Modern research methods]. Almaty : Izd-vo Kazhastansko-Britanskogo tekhnicheskogo universiteta, 2006. 306 p.
10. Skorodumov, S.V. Razrabotka metodicheskikh podhodov k rasprostraneniyu rezul'tatov ispytaniy metalla trub na ekspluatiruemye trubnye sekcii [Development of methodological approaches to the dissemination of the results of pipe metal testing to the operated pipe sections] / S.V. Skorodumov, N.Yu. Nikitin, G.V. Nesterov // Aktual'nye problemy razvitiya neftegazovogo kompleksa Rossii : Sbornik tezisev, Moskva, 12-14 fevralya 2018 goda. Moskva: Rossijskij gosudarstvennyj universitet nefti i gaza (nacional'nyj issledovatel'skij universitet) imeni I.M. Gubkina, 2018. 173.
11. Al'-Kkhuzai, A.S.O. Issledovanie soprotivleniya plasticheskoy deformatsii stali marki 32HGA [Investigation of resistance to plastic deformation of steel grade 32HGA] / A.S.O. Al'-Kkhuzai, V.V. SHirokov, A.V. Vydrin // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Metallurgiya. 2020. Vol. 20. N 1. 80-86. DOI 10.14529/met200109.
12. Kozhevnikova, G.V. Metody ispytaniya plastichnosti metallov [Methods of testing the plasticity of metals] // Perspektivnye materialy i tekhnologii : Sbornik materialov mezhdunarodnogo simpoziuma, Brest, 27-31 maya 2019 goda / Pod obshchej redakciej V.V. Rubanika. Brest : Vitebskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2019. 427-429.
13. Kamzanov, N.S. Fizicheskie osnovy opredeleniya mekhanicheskikh harakteristik metallov [Physical basis for determining the mechanical characteristics of metals] / N.S. Kamzanov, A.E. Kanazhanov, A.N. Orazbaeva // Vestnik Kazahskoj akademii transporta i kommunikacij im. M. Tynyshpaeva. 2020. N 2(113). 36-43. DOI 10.52167/1609-1817-2020-113-2-36-43.
14. Pastuhov, A.G., Sharaya, O.A., Minasyan, A.G. Otchet NIR № 6.7.80 ot 11.01.21g. (OOO «Al'ternativa» g. Volgograd) Ocenka kachestva izdelij universal'nykh prochnostnykh ustanovok [Evaluation of the quality of products of universal cleaning plants]. p. Majskij. 2021. 38 p.
15. Pastukhov, A. Metod of Justification of Machine Parts Hardening Modes / Alexander Pastukhov, Olga Sharaya, Eugeny Timashov, Dmitriy Bakharev // Substation of deck parameter of rotary threshing device / Proceedings, Vol. 20: Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, 2021. 74-80.
16. Strebkov, S.V. Ekspluatatsionnye ispytaniya uprochnennykh strel'chatykh kul'tivatornykh lap elektroiskrovoj obrabotkoj [Operational tests of hardened lancet cultivator paws by electric spark treatment] / S.V. Strebkov, A.P. Slobodyuk, A.V. Bondarev, A.V. Sahnov, S.N. Alejnik // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2019. N 1(21). 71-79.
17. Vodolazskaya, N., Sharaya, O. Research of Alternative Options for Strengthening Surface Treatment of Cast Iron Products // Defect and Diffusion Forum, vol. 410, Trans Tech Publications, Ltd., Aug. 2021. 9-14.
18. Pastukhov, A. Hardening of parts of agricultural machinery with laser micro alloying / A. Pastukhov, O. Sharaya, N. Vodolazskaya, A. Minasyan // Engineering for rural development. Proceedings, Vol. 17, Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, 2018. 1360-1365.
19. Sharaya, O.A., Pastuhov, A.G., Kravchenko, I.N. Inzheneriya poverhnosti uprochnennykh detalej: monografiya [Surface engineering of hardened parts: monograph]. M. : INFRA-M, 2020. 124 p.
20. Kanaev, A.T. Plazmennaya zakalka lemekha pluga iz konstrukcionnoj stali 65G [Plasma hardening of a plowshare made of structural steel 65G] / A.T. Kanaev, A.A. Gulyarenko, P.A. Topolyanskij, T.E. Sarsembaeva // Gorenje i plazmohimiya. 2020. N 18. 87-93.

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. 8-4722-39-23-90, E-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

Шарая Ольга Александровна, 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: sharay61@mail.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. +7 4722 39-12-33, e-mail: alikmun@yandex.ru

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

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

Sharaya Olga Aleksandrovna, candidate of technical Sciences, docent of the department of technical mechanics and construction of machines Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova,1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7 4722 39-12-33, e-mail: sharay61@mail.ru

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

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

УДК 631.171

О.А. Чехунов, В.В. Воронин

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СТОЙЛОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ КРС

Аннотация. При содержании молочных коров высокую степень автоматизации технологических процессов показывают системы беспривязного содержания с доением на роботизированных доильных установках. При таком способе животные имеют возможность свободного движения, и содержатся на щелевых полах в помещениях, оборудованных кормовыми проходами и стойлами. Для получения высококачественного молока необходимо применять комплекс мер, направленных на поддержание стойловых помещений в чистоте, включающих очистку края стойл, примыкающих к скотопрогонам и щелевых полов, на которых ввиду реологических свойств навоза и конструктивных особенностей монтажа происходит накопление части навозной массы. При приеме пищи животные раскидывают корм по кормовому столу, перемещая его часть в недоступную для дальнейшего поедания зону, что приводит к потерям кормов до 5...7%. Произведенный анализ известных технических средств для обслуживания коровников показал ограниченность их технологических функций, т.е. невозможность выполнения всех операций по обслуживанию животноводческих помещений одним агрегатом. Предложена конструктивная схема многофункционального агрегата, предназначенного для обслуживания стойловых помещений для КРС, содержащегося на щелевых полах, способного выполнять три технологические операции: очистку щелевых полов, очистку торцов стойл, прилегающих к скотопрогону и подгребание кормов на кормовом столе. Теоретическими исследованиями установлены зависимости, позволяющие определять мощность и крутящий момент гидромоторов для привода рабочих органов (щеток), усилие отрыва навоза от щелевых полов и диаметр ворса щетки. По результатам работы определены следующие оптимальные конструктивно-режимные параметры агрегата: диаметры щеток – 1,2...1,4 м; число ворсин в щетке – 180...240; частота вращения щеток – 300...400 об/мин; длина ворса – 0,35...0,45 м; диаметр ворса – 4...6 мм; номинальная мощность гидромоторов – 2...7 кВт; усилие отрыва навоза от щелевых полов – 1,5...5 Н.

Ключевые слова: многофункциональный агрегат, щелевой пол, очистка стойл, подгребание корма, щетка, гидромотор, стойловое помещение.

MULTIFUNCTIONAL UNIT FOR MAINTENANCE OF CATTLE STALLS

Abstract. When keeping dairy cows, a high degree of automation of technological processes is shown by systems of loose keeping with milking on robotic milking machines. With this method, the animals have the possibility of free exercise, and are kept on slotted floors in rooms equipped with feeding passages and stalls. To obtain high-quality milk, it is necessary to apply a set of measures aimed at maintaining stable premises clean, including cleaning the edges of stalls adjacent to cattle runs and slotted floors, on which, due to the rheological properties of manure and the design features of installation, part of the manure mass accumulates. When eating, the animals scatter the feed on the feed table, moving part of it to an area inaccessible for further eating, which leads to feed losses of up to 5 ... 7%. The analysis of the known technical means for the maintenance of cowsheds showed the limitations of their technological functions, i.e. the impossibility of performing all operations for the maintenance of livestock premises with one unit. A design scheme of a multifunctional unit designed for the maintenance of stable premises for cattle, contained on slotted floors, capable of performing three technological operations: cleaning of slotted floors, cleaning the ends of stalls adjacent to the cattle run and raking feed on the feed table. Theoretical studies have established dependences that allow determining the power and torque of hydraulic motors for driving working bodies (brushes), the separation force of manure from slotted floors and the diameter of the brush pile. Based on the results of the work, the following optimal design and operating parameters of the unit were determined: brush diameters – 1.2... 1.4 m; the number of hairs in the brush – 180...240; brush rotation speed – 300...400 rpm; pile length – 0.35...0.45 m; pile diameter – 4...6 mm; rated power of hydraulic motors – 2...7 kW; manure separation force from slotted floors – 1.5...5 N.

Keywords: multifunctional unit, slotted floor, stall cleaning, feed raking, brush, hydraulic motor, stall room.

Введение. В рамках выполнения Доктрины производственной безопасности РФ отечественным животноводам необходимо производить молоко в объемах не менее 90% от внутренней потребности. Для полного осуществления импортозамещения молока необходим комплекс мер, направленный на увеличение дойного поголовья, использования ресурсосберегающих технологий содержания, применения высокоэффективных автоматизированных и роботизированных технических средств. Применение доильных роботов в молочном скотоводстве влечет за собой необходимость в использовании щелевых полов в стойловых помещениях для скота [1].

Анализ передового опыта в молочном животноводстве и выпускаемое оборудование позволили рассмотреть состояния вопроса автоматизации технологических процессов на молочно-товарных фермах (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Возможность автоматизации технологических процессов на молочно-товарной ферме

Производственный процесс	Возможность автоматизации процесса	Метод обслуживания*	Техническая реализация процесса
Доение	Полная	Самообслуживание	Применение доильных роботов
	Частичная	Принудительный	Применение доильных залов с автоматизированными установками
Первичная обработка молока	Полная	Принудительный	Применение встроенных в доильные установки автоматических линий очистки и охлаждения молока
Кормление	Полная	Самообслуживание	Применение кормовых автоматов
	Частичная	Принудительный	Выдача концентрированных кормов автоматами, основного рациона – мобильными кормораздатчиками
Приготовление корма	Частичная	Принудительный	Использование роботизированных измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов
Подгребание корма на кормовом столе	Полная	Принудительный	Использование роботов для подгребания корма
Поение	Полная	Самообслуживание	Использование автопоилок
Удаление навоза	Полная	Принудительный	Использование роботов для уборки
	Частичная	Принудительный	Использование механических или гидравлических систем навозоудаления
Подправка подстилки и очистка стойл	Не предусмотрена	-	Не реализуется
Поддержание микроклимата	Полная	Принудительный	Использование компьютеров, управляющих параметрами микроклимата
Чистка животных	Полная	Самообслуживание	Использование автоматических щеток-чесалок; обмыв вымени доильным роботом
Обеспечение моциона	Полная	Принудительный	Использование электронных программ, управляющих открытием стойлового оборудования
Ветеринарное обслуживание коров	Не предусмотрена	-	Не реализуется

* Самообслуживание – животное самостоятельно выполняет производственный процесс; принудительный – в процессе управления процессом животное не участвует

Анализируя данные таблицы 1, можно заключить что большинство производственных процессов на молочной ферме можно полностью или частично автоматизировать. Но вместе с тем нет универсального оборудования, способного выполнять комплекс операций, связанных с обслуживанием стойловых помещений. Таким образом разработка многофункционального агрегата для обслуживания стойловых помещений КРС и обоснование его конструктивно-режимных параметров является актуальным направлением в развитии техники для молочного скотоводства.

Объект и методы исследований. Объект исследования – многофункциональный навесной агрегат для обслуживания стойловых помещений КРС, содержащихся на щелевых полах. Предметом исследования выступает конструкция и рабочий процесс многофункционального агрегата, служащего для очистки стойловых помещений КРС при беспривязном содержании и подгребании корма на кормовых столах. Цель работы – разработка конструкции многофункционального агрегата для обслуживания стойловых помещений КРС и обоснование его основных конструктивно-режимных параметров.

Результаты исследований и их обсуждение. Цельное коровье молоко и продукты, полученные в результате его переработки – одни из основных товаров в продовольственной

корзине современного человека. Молоко и производимое из него сливочное масло входят в группу продовольственных товаров первой необходимости, в которых комплекс белки, жиры, углеводы (БЖУ), ферментный состав, наличие витаминов, минералов и аминокислот оптимально сбалансированы. Цельное молоко – это не только незаменимый продукт питания, особенно для детей, но и профилактическое средство для ряда заболеваний, а также «природный растворитель», частично нейтрализующий негативное действие на организм производственных факторов на работах во вредных и тяжелых условиях.

Современный рынок молока испытывает определенный дефицит в коровьем молоке, качество которого должно отвечать требованиям стандартов, касающихся в первую очередь его чистоте, жирности, содержанию белка, отсутствию остатка ветеринарных препаратов и т.д. Получение высококачественного молока можно лишь в тех хозяйствах, где содержанию скота обеспечены оптимальные условия и используются высокоэффективные технические средства, в том числе автоматизированное и роботизированное оборудование [3].

При содержании коров высокую степень автоматизации технологических процессов показывают системы беспривязного содержания с доением животных на роботизированных доильных установках. При таком способе животные имеют возможность свободного движения, и содержатся как правило в помещениях, оснащенных щелевыми полами, оборудованными кормовыми проходами и стойлами для отдыха. Использование щелевых полов позволяет использовать высокоэффективные гидравлические системы навозоудаления.

Для получения качественного молока, с точки зрения его чистоты, важно обеспечить стойла для животных качественным подстилочным материалом, в качестве которого в большинстве хозяйств России выступает измельченная солома. При влажной и грязной подстилке на вымя животных прилипают частицы соломы, навоз и другие загрязнения, которые при преддоильной подготовке доильные роботы в полной степени не очищают, и они попадают в молочную линию, ухудшая качество молока, повышая его бактериальную обсемененность. При беспривязном содержании проблематичными участками являются края стойл, примыкающие к скотопрогонам, куда попадает навоз при опорожнении животных, а также при укладке коров на отдых (навоз перемещается телом скота со скотопрогона и налипшая масса с конечностей). Таким образом проблема поддержания стойл в чистом состоянии является актуальной.

Специалистам известно, что получить высококачественное молоко с оптимальным физико-химическим составом, невозможно без обеспечения эффективного кормления скота кормовыми смесями, включающими концентрированные элементы (дробленный зернофураж, комбикорма и другие добавки). При скармливании таких кормов животные в первую очередь выбирают «вкусные» части смеси, раскидывая по кормовому столу оставшиеся части рациона, перемещая их в недоступную для дальнейшего поедания зону. Потери кормов от этого факта могут достигать 5...7% от рациона, что значительно повышает себестоимость производства [4]. Таким образом, подгребание корма на кормовом столе в зону доступную для поедания коровами также является актуальной проблемой, реализуемой в большинстве хозяйств ручным способом, что противоречит условиям обеспечения полной механизации производства.

При содержании крупного рогатого скота на щелевых полах большая часть испражнений проталкивается копытами в отверстия, попадая в каналы, затопленные водой, и удаляются за пределы коровников. Но вместе с тем, ввиду реологических свойств навоза и конструктивных особенностей монтажа щелевых полов (наличия широких плоскостей без отверстий на стыках пластин щелевых полов) происходит накопление навозной массы, загрязняя скотопрогоны [5]. На практике для периодической очистки щелевых полов используют мойки высокого давления или специальные устройства (миксеры), смонтированными на платформе с ручным перемещением. Таким образом механизация процесса очистки щелевых полов с исключением ручного труда также является актуальной.

Рассмотрим основные технические средства, используемые при обслуживании коровников со щелевыми полами, позволяющие механизировать вышеуказанные операции.

Для очистки края стойл, примыкающих к скотопрогонам, компания «Bobman» (Дания) выпускает самоходные и навесные агрегаты серии Front-load (рисунок 1), позволяющие выполнять указанную операцию посредством вращающейся щетки, смонтированной на гидравлическом манипуляторе, дополнительно внося при этом свежий слой подстилки [6]. Фирма «Westermann» (Германия) выпускает агрегат Cleanmeleon-2 (рисунок 2) с аналогичным рабочим органом, отличающийся отсутствием устройства для подсыпки соломы, наличием приспособления для внесения извести или другого дезинфицирующего средства пневматическим способом через специальный раструб и подребрация навоза [7].



Рис. 1 – Агрегат Bobman Frontload



Рис. 2 – Агрегат Westermann Cleanmeleon-2

Для подребрация корма на кормовых столах известны механизированные и роботизированные устройства. Механические подребратели кормов бывают двух типов – шнековые, например, навесной подталкиватель-ворошитель корма (рисунок 3) на самоходную машину БЛ-130 PROFI (ООО «Блюминг», Беларусь) и щеточные, например, подогребатель CM2 Electric (рисунок 4) компании «Westermann» (Германия). Среди роботизированных устройств применяются шнековые пушеры, например, OptiDuo (рисунок 5) компании «De Laval» (Швеция) и роботы, сдвигающие корм своим корпусом, например, ПК-1 (рисунок 6), выпускаемый АО «Слободской машиностроительный завод» (Россия) [7, 8].



Рис. 3 – Самоходный подталкиватель-ворошитель корма БЛ-130 «Profi»



Рис. 4 – Подогребатель Westermann CM2 Electric



Рис. 5 – Пушер De Laval OptiDuo



Рис. 6 – Подталкиватель кормов ПК-1

Для очистки щелевых полов применяют скреперные или щеточные роботизированные системы, например, робот Discovery (рисунок 7) компании «Lely» (Нидерланды), а также миксеры, монтируемые на тележке, перемещаемой мускульной силой оператора, например, каналный миксер TORRO (рисунок 8) компании «Reck» (Германия) [5, 8].



Рис. 7 – Робот Lely Discovery



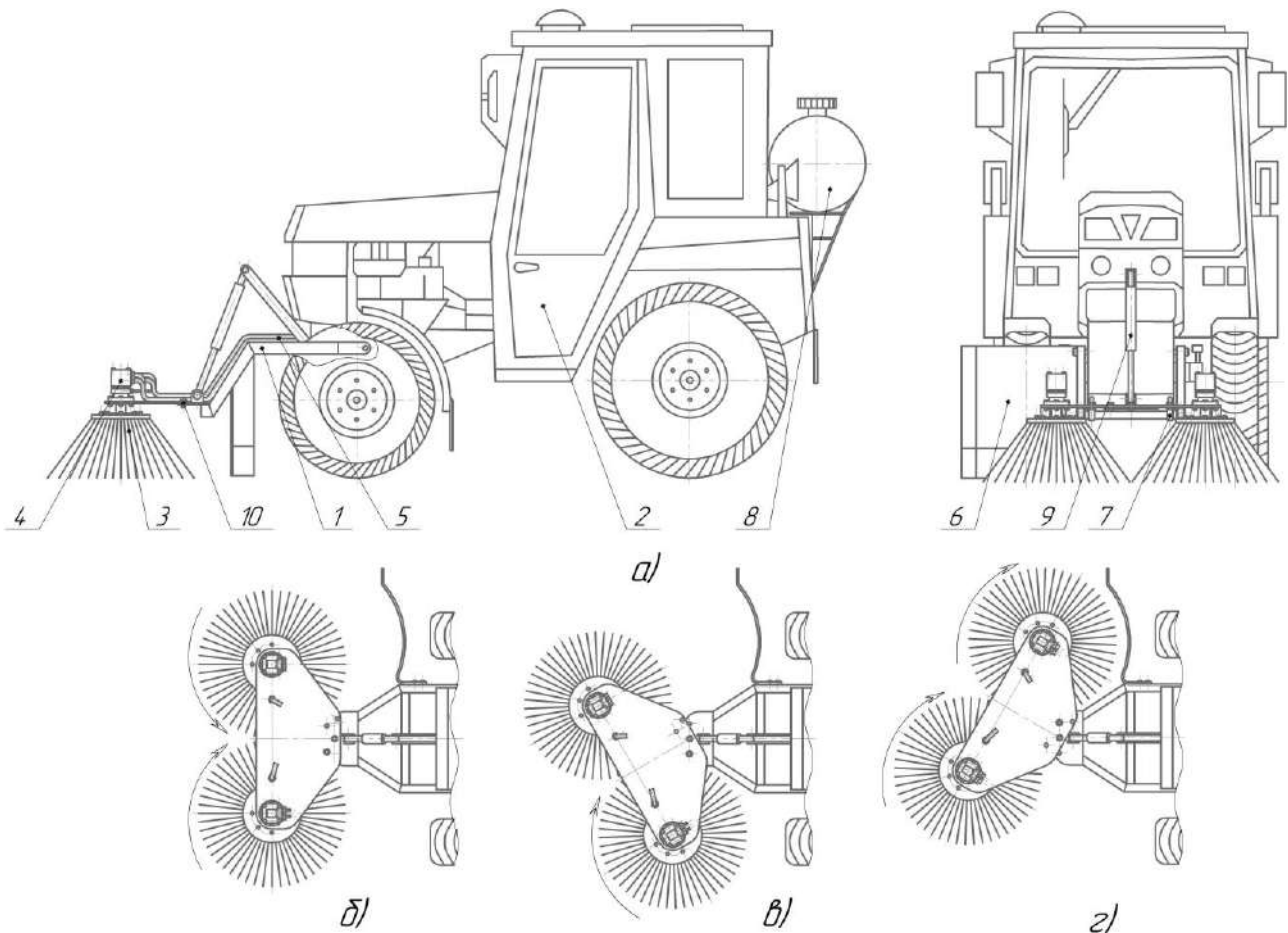
Рис. 8 – Канальный миксер TORRO

В работе представлено лишь малое число марок машин для обслуживания животноводческих помещений. На российском рынке представлен обширный ряд данного типа оборудования как отечественного, так и импортного производства, но технологический процесс у них схож с рассмотренными устройствами.

Анализируя рассмотренное оборудование можно сделать вывод об общем недостатке – ограниченность технологических функций, т.е. невозможность выполнения всех операций по обслуживанию животноводческих помещений одним агрегатом. Таким образом решение задачи по разработке многофункционального агрегата, предназначенного для обслуживания стойловых помещений для КРС, содержащегося на щелевых полах, является актуальной.

Нами предлагается конструктивная схема многофункционального агрегата для обслуживания стойловых помещений КРС (рисунок 9, а), представляющего собой сварную раму 1, навешиваемую на переднюю навеску малогабаритного колесного трактора 2, оснащенного гидронавесной системой. Рабочие органы представлены парой круглых щеток 3, оснащенных собственными приводными органами – гидромоторами 4, приводящиеся в действие от гидравлической линии 5, подключенной к гидрораспределителю трактора, отражательным щитком 6 и форсунками 7 для подачи технической воды под давлением из емкости 8, оборудованной насосом. Перевод агрегата из транспортного в рабочее положение и обратно обес-

печивает гидроцилиндр 9. Для перевода агрегата с одной операции на другую в раме 1 предусмотрены отверстия и фиксирующие пальцы 10.



а – общая схема; *б* – положение рабочих органов в режиме очистки щелевых полов; *в* – положение рабочих органов при очистке стойл; *г* – положение рабочих органов при подгребании корма;
 1 – рама; 2 – трактор; 3 – щетки; 4 – гидромоторы; 5 – гидролиния; 6 – отражающий щиток; 7 – форсунки;
 8 – емкость; 9 – гидроцилиндр; 10 – фиксирующие пальцы

Рис. 9 – Конструктивная схема многофункционального агрегата для обслуживания стойловых помещений КРС

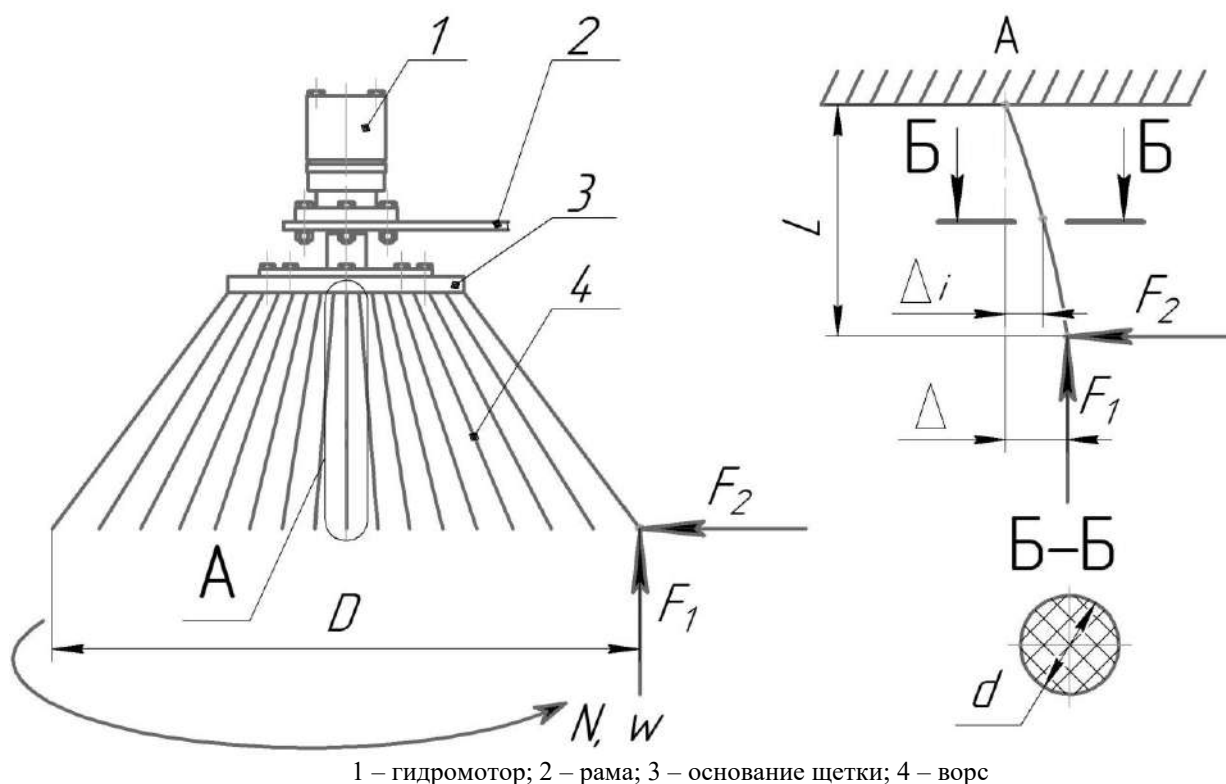
Предлагаемый агрегат может выполнять три технологические операции:

- очистку щелевых полов (рисунок 9, б), при этом поворотная часть рамы агрегата 1 расположена соосно с трактором 2, а щетки 3 вращаются во встречном направлении, а из бака 8 под давлением подается вода в форсунки 7; при такой схеме работы форс очищает поверхность и отверстия в щелевых полах часть, а подаваемая под давление техническая вода способствует их дополнительной промывке;
- очистку торцов стойл, прилегающих к скотопрогону (рисунок 9, в), при этом поворотная часть рамы агрегата 1 располагается под углом 30° в левую сторону относительно направления движения, включается левая щетка 3 по направлению движения часовой стрелки (правая щетка выключена); двигаясь вдоль стойл происходит сгребание части подстилки в скотопрогон со щелевыми полами;
- подгребание кормов на кормовом столе (рисунок 9, г), при этом поворотная часть рамы агрегата 1 располагается под углом 30° в правую сторону относительно направления движения, включаются обе щетки 3 по направлению движения часовой стрелки, при этом наличие отражающего щитка 6 исключает перемещение корма под колеса трактора 2; двигаясь вдоль кормового прохода корма подвигаются в зону доступную для поедания коровами, кроме того вращательное движение щеток способствует их вспушиванию, повышая их поедаемость скотом.

Для привода рабочих органов (щеток) агрегата в конструкции предусмотрены гидромоторы (рисунок 10), мощность которых должна быть достаточной для очистки щелевых полов от навоза (наиболее энергозатратная операция), значение которой можно определить по выражению [9]:

$$P = \frac{F_1 \cdot K_1 \cdot D \cdot N_B \cdot \omega}{2 \cdot \eta}, \quad (1)$$

где F_1 – усилие, приводящее к изгибу ворса щетки, Н; K_1 – коэффициент запаса мощности; D – максимальный диаметр щетки, м; N_B – количество ворсин; ω – угловая скорость вращения щетки, c^{-1} ; η – коэффициент полезного действия привода (гидромотора).



1 – гидромотор; 2 – рама; 3 – основание щетки; 4 – ворс

Рис. 10 – Схема к расчету конструктивно-режимных параметров рабочих органов агрегата для обслуживания стойловых помещений КРС

Усилие, приводящее к изгибу ворса щетки, зависит от его длины, формы поперечного сечения, величины прогиба, материала изготовления и способа крепления. При консольном креплении ворса имеем [10]:

$$F_1 = \frac{3 \cdot E \cdot I \cdot \Delta}{L^3}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости материала ворса, H/m^2 ; I – момент инерции сечения ворса щетки, m^4 ; Δ – прогиб ворса в свободной части, м; L – длина ворса, м.

Принимаем ворс круглого сечения момент инерции для которого составляет:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}, \quad (3)$$

где d – диаметр ворса, м.

Подставив выражение (2) в формулу (1) с учетом принятого сечения ворса выражение для определения потребной мощности гидромотора привода щетки составляет:

$$P = \frac{3 \cdot E \cdot \Delta \cdot \pi \cdot d^4 \cdot K_1 \cdot D \cdot N_B \cdot \omega}{128 \cdot L^3 \cdot \eta}. \quad (4)$$

По полученной мощности из каталогов выбирается марка гидромотора, при этом следует учитывать условие его работоспособности по крутящему моменту:

$$T_K \geq \frac{P}{\omega}, \quad (5)$$

где T_K – каталожный крутящий момент гидромотора, Н·м.

При работе щеток ворс должен обеспечить усилие, достаточное для отрыва навоза (F_2) от щелевого пола, которое с определенной степенью точности можно определить по выражению [10, 11]:

$$F_2 = \frac{\pi^3 \cdot E \cdot d^4}{256 \cdot L^2}, \quad (6)$$

Составим уравнение моментов, действующих на ворс щетки, приложив усилия отрыва и изгиба (рисунок 10):

$$M = \frac{-E \cdot I \cdot d^2 \cdot \Delta_i}{dx^2}, \quad (7)$$

где Δ_i – прогиб ворса в i -той точке, м.

На консольно-закрепленный ворс щетки при вращении действует момент его изгиба, описываемый зависимостью:

$$M = -F_2 \cdot (\Delta - \Delta_i). \quad (8)$$

Приравняв выражения (7) и (8) учитывая, что максимальный прогиб ворса будет на его свободном конце получаем уравнение равенства моментов:

$$\frac{E \cdot I \cdot d^2 \cdot \Delta_i}{dx^2} = F_2 \cdot L. \quad (9)$$

Подставив формулу (6) в выражение (9) и преобразовав его относительно d получаем выражение для определения диаметра ворса щетки:

$$d = \sqrt[4]{\frac{256 \cdot F_2 \cdot L}{\pi^3 \cdot E}}. \quad (10)$$

Анализ литературных источников, существующих технических решений и результаты расчета позволили определить конструктивно-режимные параметры предложенного многофункционального агрегата, предназначенного для обслуживания стойловых помещений для КРС: диаметры щеток – 1,2...1,4 м; число ворсин в щетке – 180...240; частота вращения щеток – 300...400 об/мин; длина ворса – 0,35...0,45 м; диаметр ворса – 4...6 мм; номинальная мощность гидромоторов – 2...7 кВт; усилие отрыва навоза от щелевых полов – 1,5...5 Н [5, 6, 8, 10, 12, 13, 14].

Выводы.

1. Для получения высококачественного коровьего молока необходимо применять комплекс мер, направленных на поддержание стойловых помещений в чистоте, включающих очистку края стойл, примыкающих к скотопрогонам и щелевых полов, на которых ввиду реологических свойств навоза и конструктивных особенностей монтажа (наличия широких плоскостей без отверстий на стыках пластин щелевых полов) происходит накопление части навозной массы. При приеме пищи животные в первую очередь выбирают «вкусные» части кормосмеси, раскидывая по кормовому столу оставшиеся части рациона, перемещая их в недоступную для дальнейшего поедания зону, что может привести к потерям кормов до 5...7%. Таким образом подгребание корма на кормовом столе в зону доступную для поедания коровами также является экономически целесообразным.

2. Произведя анализ известных технических средств для обслуживания коровников установлено, что они имеют ограниченность технологических функций, т.е. невозможность выполнения всех операций по обслуживанию животноводческих помещений одним агрегатом.

3. Предложена конструктивная схема многофункционального агрегата, предназначенного для обслуживания стойловых помещений для КРС, содержащегося на щелевых полах. Предложенный агрегат, навешиваемый на малогабаритный колесный трактор, содержащий рабочие органы в виде круглых щеток с приводом от гидромоторов, может выполнять три технологические операции: очистку щелевых полов, очистку торцов стойл, прилегающих к скотопрогону и подгребание кормов на кормовом столе.

4. Теоретическими исследованиями установлены зависимости, позволяющие определять мощность и крутящий момент гидромоторов для привода рабочих органов, усилие отрыва навоза от щелевых полов и диаметр ворса щетки.

5. Анализ литературных источников, существующих технических решений и результаты расчета позволили определить конструктивно-режимные параметры предложенного многофункционального агрегата, предназначенного для обслуживания стойловых помещений для КРС: диаметры щеток – 1,2...1,4 м; число ворсин в щетке – 180...240; частота вращения щеток – 300...400 об/мин; длина ворса – 0,35...0,45 м; диаметр ворса – 4...6 мм; номинальная мощность гидромоторов – 2...7 кВт; усилие отрыва навоза от щелевых полов – 1,5...5 Н.

Библиография

1. Брило И.В., Яковчик Н.С., Курак А.С. и др. Технология машинного доения и контроль качества молока. Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2017. 210 с.
2. Кирсанов В.В. Механизация и технология животноводства. М. : КолосС, 2007. 584 с.
3. Курак А.С. Основы технологии машинного доения коров. М. : КолосС, 2014. 92 с.
4. Вендин С.В., Саенко Ю.В., Макаренко А.Н. Устройство для очистки групповых кормушек в промышленном свиноводстве // Техника в сельском хозяйстве. 2014. № 3. С. 23-26.
5. Мачкарин А.В., Рыжков А.В., Чехунов О.А. и др. Машины и технологии для уборки, переработки и утилизации навоза. Белгород : Общество с ограниченной ответственностью Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА», 2021. 401 с.
6. Техника для молочной фермы Bobman. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://raketa.farm/tech/bobman>.
7. Самоходная многофункциональная машина CLEANMELEON-2. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.westermann.ee/Iseliikuvad-multifunktsionaalsed-masinad>.
8. Макаренко А.Н., Мачкарин А.В., Рыжков А.В. и др. Зарубежная сельскохозяйственная техника. Москва; Белгород : ООО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2016. 200 с.
9. Баловнев В.И., Данилов Р.Г., Селиверстов Н.Д. Подметально-уборочные машины. М. : МАДИ, 2016. 144 с.
10. Клименко Д.Б. Разработка и обоснование параметров устройства для санитарной обработки вымени коров перед доением на автоматизированной доильной установке: автореф. дис. канд. тех. наук. Мичуринск, 2012. 19 с.
11. Ужик В.Ф., Китаева О.В., Макаренко А. Н. и др. Теория и расчет машин для животноводства. Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2018. 285 с.
12. Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Кузьмина Т.Н. и др. Зарубежные машины и оборудование для животноводства. М. : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2006. 196 с.
13. Навозоудаление на ферме КРС. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://agrosnabtorг.ru/blog/navozoudalenie-na-ferme-krс>.
14. Хазанов, Е.Е., Гордеев В.В., Хазанов В.Е. Технология и механизация молочного животноводства. СПб.: Лань, 2016. 352 с.

References

1. Brilo I.V., Yakovchik N.S., Kurak A.S. i dr. Tekhnologiya mashinnogo doeniya i kontrol' kachestva moloка [Machine milking technology and milk quality control]. Minsk : NPC NAN Belarusi po mekhanizacii sel'skogo hozyajstva, 2017. 210 s.
2. Kirsanov V.V. Mekhanizaciya i tekhnologiya zhivotnovodstva [Mechanization and technology of animal husbandry]. M. : KolosS, 2007. 584 s.
3. Kurak A.S. Osnovy tekhnologii mashinnogo doeniya korov [Fundamentals of the technology of machine milking cows]. M. : KolosS, 2014. 92 s.
4. Vendin S.V. Saenko Yu.V., Makarenko A.N. Ustrojstvo dlya ochistki gruppovyh kormushek v promyshlennom svinovodstve [Device for cleaning group feeders in industrial pig farming] // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2014. № 3. S. 23-26.

5. Machkarin A.V., Ryzhkov A.V., Chekhunov O.A. i dr. Mashiny i tekhnologii dlya uborki, pererabotki i utilizacii navoza [Machines and technologies for cleaning, processing and disposal of manure]. Belgorod : Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu Izdatel'sko-poligraficheskij centr "POLITERRA", 2021. 401 s.
6. Tekhnika dlya molochnoj fermy Bobman [Bobman Dairy Farm Machinery]. Elektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <http://raketa.farm/tech/bobman>.
7. Samohodnaya mnogofunkcional'naya mashina CLEANMELEON-2 [Self-propelled multifunctional machine CLEANMELEON-2]. Elektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <http://www.westermann.ee/Iseliikuvad-multifunktsionaalsed-masinad>.
8. Makarenko A.N., Machkarin A.V., Ryzhkov A.V. i dr. Zarubezhnaya sel'skohozyajstvennaya tekhnika [Foreign agricultural machinery]. Moskva; Belgorod : OOO «Central'nyj kollektor bibliotek «BIBKOM», 2016. 200 s.
9. Balovnev V.I., Danilov R.G., Seliverstov N.D. Podmetal'no-uborochnye mashiny [Sweepers and sweepers]. M. : MADI, 2016. 144 s.
10. Klimenko D.B. Razrabotka i obosnovanie parametrov ustrojstva dlya sanitarnoj obrabotki vymeni korov pered doeniem na avtomatizirovannoj doil'noj ustanovke [Development and justification of the parameters of the device for sanitary treatment of cows' udders before milking on an automated milking machine]: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. Michurinsk, 2012. 19 s.
11. Uzhik V.F., Kitaeva O.V., Makarenko A.N. i dr. Teoriya i raschet mashin dlya zhivotnovodstva [Theory and calculation of machines for animal husbandry]. Majs'kij : Belgorodskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.Ya. Gorina, 2018. 285 s.
12. Buklagin D.S., Mishurov N.P., Kuz'mina T.N. i dr. Zarubezhnye mashiny i oborudovanie dlya zhivotnovodstva [Foreign machinery and equipment for animal husbandry]. M. : Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut informacii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovanij po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa, 2006. 196 s.
13. Navozoudalenie na ferme KRS [Manure removal on a cattle farm]. Elektronnyj resurs. Rezhim dostupa: <https://agrosnabtor.ru/blog/navozoudalenie-na-ferme-krs>.
14. Hazanov, E.E., Gordeev V.V., Hazanov V.E. Tekhnologiya i mekhanizaciya molochnogo zhivotnovodstva [Technology and mechanization of dairy farming]. SPb. : Lan', 2016. 352 s.

Сведения об авторах

Чехунов Олег Андреевич, 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.+74722 38-19-48, e-mail: olegbelgorod@mail.ru.

Воронин Владимир Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, д. 1, г. Воронеж, Россия, 394087, тел: +74732 53-86-51, e-mail: voronin-v75@mail.ru.

Information about authors

Chekhunov Oleg Andreevich, 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 Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. +7(4722)38-19-48, e-mail: olegbelgorod@mail.ru

Voronin Vladimir Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of agricultural machinery, tractors and automobiles, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Agrarian University, Michurina str., 1, Voronezh, Russia, 394087, tel: +74732 53-86-51, e-mail: voronin-v75@mail.ru

УДК 629.054

Е.П. Тимашов

ЦИФРОВОЙ РЕГИСТРАТОР НЕИСПРАВНОСТИ ТРАНСМИССИИ

Аннотация. В статье разработано техническое решение электронного устройства – цифрового регистратора неисправности трансмиссии для практической реализации технологии контроля механических трансмиссий на основе цифровой термодиагностики. Технология контроля механических трансмиссий обеспечит непрерывный мониторинг технического состояния и позволит выявлять предотказное состояние отдельных узлов и агрегатов. Особенность технологии заключается в контроле диагностической температуры, вычислении температуры в зоне трения через коэффициент пропорциональности конечно-элементной модели и автоматическом сравнении текущей температуры и скорости изменения температуры с предельными значениями. Аппаратная часть устройства выполнена на основе микроконтроллера ATmega328 и температурного датчика TMP 36, работающего в диапазоне от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Цифровой регистратор может подключаться к сети нестабилизированного постоянного тока 6...20 В. Для обмена данными с персональным компьютером через интерфейс USB в конструкции регистратора используется микросхема CH340G. Программная часть регистратора позволяет настроить значения предельной температуры, предельной скорости изменения температуры и величину временного интервала контроля температуры и ее скорости. Настройка производится перед загрузкой программы в микроконтроллер и зависит от характеристик объекта диагностирования – узла трансмиссии. Величина предельной температуры зависит от температуры $220...250^{\circ}\text{C}$ выраженной через коэффициент пропорциональности трехмерной конечно-элементной модели диагностируемого узла трансмиссии. Предельная скорость изменения температуры характерна для каждого конкретного узла и устанавливается по результатам стендовых или эксплуатационных испытаний узлов до предельного состояния. Разработанная компьютерная программа для микроконтроллера позволяет использовать световую и звуковую индикацию от предотказного состояния контролируемого узла.

Ключевые слова: микроконтроллер, надежность, термодиагностика, трансмиссия.

DIGITAL TRANSMISSION FAULT RECORDER

Abstract. The article develops a technical solution for an electronic device – a digital transmission fault recorder for the practical implementation of mechanical transmission control technology based on digital thermal diagnostics. The technology of control of mechanical transmissions will provide continuous monitoring of the technical condition and will allow to identify the pre-failure condition of individual components and assemblies. The peculiarity of the technology is to control the diagnostic temperature, calculate the temperature in the friction zone through the proportionality coefficient of the finite element model and automatically compare the current temperature and the rate of temperature change with the limit values. The hardware of the device is based on the ATmega328 microcontroller and the TMP36 temperature sensor operating in the range from -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$. The digital recorder can be connected to an unstabilized DC network of 6...20 V. To exchange data with a personal computer via a USB interface, a CH340G chip is used in the design of the recorder. The software part of the recorder allows you to adjust the values of the limit temperature, the limit rate of temperature change and the value of the time interval of temperature control and its speed. The setup is performed before loading the program into the microcontroller and depends on the characteristics of the diagnostic object - the transmission unit. The value of the limit temperature depends on the temperature of $220...250^{\circ}\text{C}$ expressed in terms of the proportionality coefficient of the three-dimensional finite element model of the transmission unit being diagnosed. The maximum rate of temperature change is characteristic for each specific node and is set based on the results of bench or operational tests of nodes to the limit state. The developed computer program for the microcontroller allows you to use light and sound indication of the pre-failure state of the controlled node.

Keywords: microcontroller, reliability, thermal diagnostics, transmission.

Введение. Обеспечение надежности сельскохозяйственной техники в условиях применения надежно-ориентированной стратегии технического обслуживания и ремонта является актуальной задачей. В этой связи особое значение имеет техническая диагностика как фактор, определяющий организационные меры технического обслуживания и ремонта транспортных и технологических машин [1-11]. Современный уровень развития техники показывает эффективность разработки и применения бортовых (встроенных) систем автоматического диагностирования. Пока такими системами автоматического диагностирования снабжены только силовые агрегаты, электрооборудование, гидродинамические и гидростатические трансмиссии. Узлы и агрегаты механических трансмиссий, лимитирующие уровень надежности техники, в настоящее время не снабжены системами автоматической диагностики.

Технология контроля механических трансмиссий на основе цифровой термодиагностики обеспечит непрерывный мониторинг технического состояния и позволит выявлять предотказное состояние отдельных узлов и агрегатов. Особенность технологии заключается в контроле диагностической температуры, вычислении температуры в зоне трения через коэффициент пропорциональности конечно-элементной модели и автоматическом сравнении текущей температуры и скорости изменения температуры с предельными значениями [12-14].

Для практической реализации технологии была разработана конструкция аналогового регистратора неисправности трансмиссии, с помощью которой была апробирована технология термодиагностики [15]. Однако наиболее эффективным является разработка конструкции регистратора неисправности трансмиссии на основе принципов цифровой электроники [16].

Материал и методы. Существующие устройства автоматической или автоматизированной диагностики реализуются на различных принципах. Например, используя эффект исчезновения ферромагнитных свойств при превышении температуры выше точки Кюри, возможна индикация превышения предельной температуры подшипника [17]. Еще в одном устройстве используется термоэлектрический преобразователь и световые индикаторы, срабатывающие при превышении допустимых значений температуры [18].

Также для индикации достижения подшипниковыми узлами допустимых значений температуры используются плавкие вставки, или термоиндикаторные наклейки.

Цель исследования заключается в разработке конструкции и изготовлении цифрового регистратора неисправности трансмиссии, позволяющего осуществлять автоматическое диагностирование по двум возможным параметрам – температуре и скорости изменения температуры.

Для разработки и изготовления цифрового регистратора неисправности трансмиссии использована доступная база радиоэлектронных компонентов, микроконтроллер и свободно распространяемое программное обеспечение.

Результаты исследования и обсуждения. Достижение поставленной цели исследования включает выбор микроконтроллера, выбор температурного датчика, создание принципиальной схемы устройства, написание программы для контроллера и его изготовление.

В качестве микроконтроллера была использована плата с процессором ATmega 328. Помимо процессора плата содержит кварцевый резонатор, аналогово-цифровой преобразователь, стабилизатор питания. Плата поддерживает входное стабилизированное напряжение питания 3,3 и 5,0 В, а также может подключаться к сети нестабилизированного постоянного тока 6...20 В, что применимо при использовании бортовой сети транспортных и технологических машин. Плата снабжена четырьмя светодиодами и кнопкой сброса, позволяющей перезагрузить микроконтроллер. Для обмена данными с персональным компьютером через интерфейс USB используется микросхема CH 340G, для работы которой необходимо установить соответствующий драйвер. Для подключения периферийных устройств плата микроконтроллера имеет 8 аналоговых входов и 12 цифровых входов/выходов, 6 из которых поддерживают широтно-импульсную модуляцию.

В качестве датчика температуры можно использовать практически любые терморезисторы, однако целесообразно использовать температурный датчик TMP 36 от компании Analog Devices. Диапазон измерений температуры от -40°C до +125°C, что соответствует величине диагностической температуры, абсолютная погрешность измерения $\pm 1^\circ\text{C}$. Особенность датчика заключается в отсутствии необходимости его тарировки, а перевод его показаний в градусы Цельсия производится программно, через выражение $\Theta(^{\circ}\text{C}) = (\text{ток (мА)} - 500) / 10$, которое, при необходимости, можно корректировать. Зависимость между током от датчика и температурой линейная, а его точность можно повысить путем подключения его к источнику стабилизированного питания +3,3 В.

Для звуковой и световой сигнализации в конструкции регистратора использован активный пьезоэлектрический зуммер два светодиода с ограничительными резисторами. Принципиальная схема устройства изображена на рисунке 1.

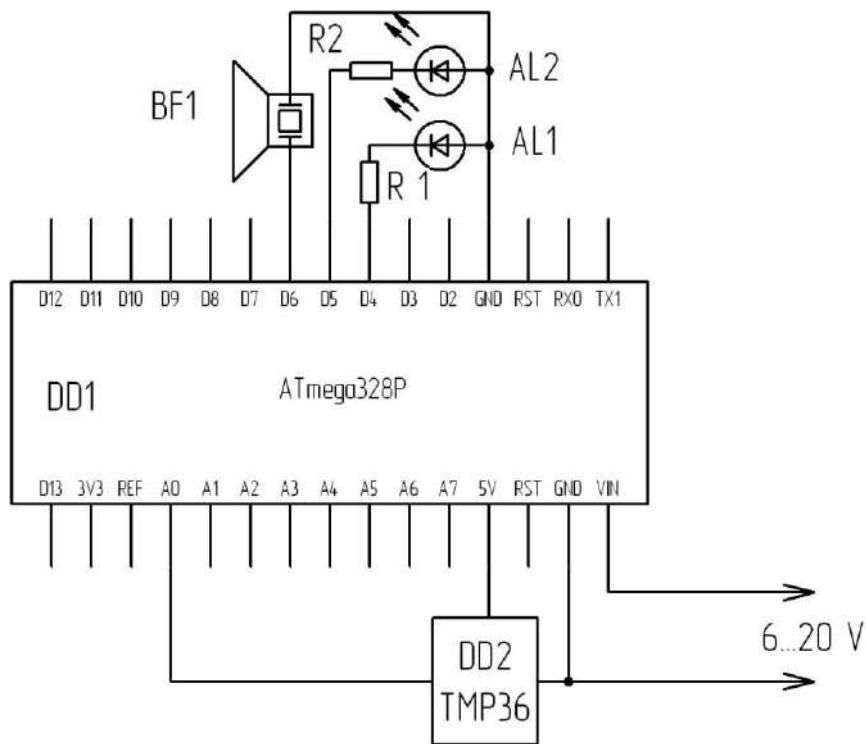


Рис. 1 – Принципиальная электрическая схема цифрового регистратора неисправности трансмиссии

Детали устройства смонтированы на макетной плате, в соответствии с принципиальной схемой выполнены необходимые соединения. Питание плата микроконтроллера получает через порт USB от персонального компьютера. Внешний вид устройства на макетной плате приведен на рисунке 2.

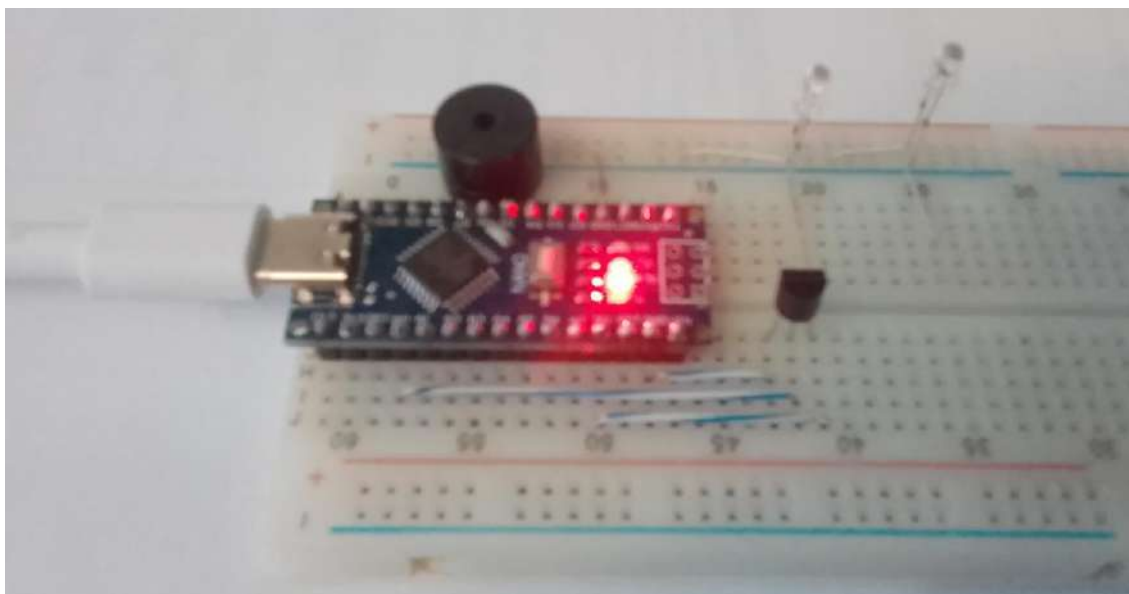


Рис. 2 – Цифровой регистратор неисправности трансмиссии на макетной плате

Программирование микроконтроллера производилось с использованием программной оболочки Arduino 1.8.16 на компьютере с операционной системой Windows 7. Для работы с платой ATmega 328 установлен драйвер driver_ch340_341.

Алгоритм работы устройства заключается в следующем. Цифровой сигнал измеряемой температуры Θ контролируемого элемента трансмиссии записывается через равные промежутки времени. Через значение временного интервала и разницы последующей Θ_1 и предыдущей температуры Θ вычисляется величина скорости изменения температуры V_t . Полученное значение температуры Θ сравнивается со значением предельной температуры Θ_L , а

значение скорости изменения температуры V_t сравнивается со значением предельной скорости изменения температуры V_L . В случае, если хотя бы одно из значений превышено, регистратор срабатывает и выдает световой или звуковой сигнал. Алгоритм работы программы представлен на рисунке 3.

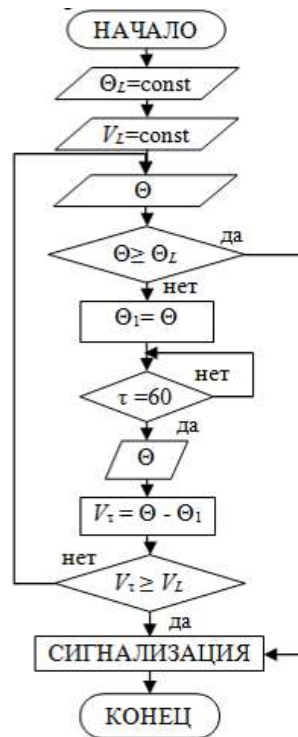
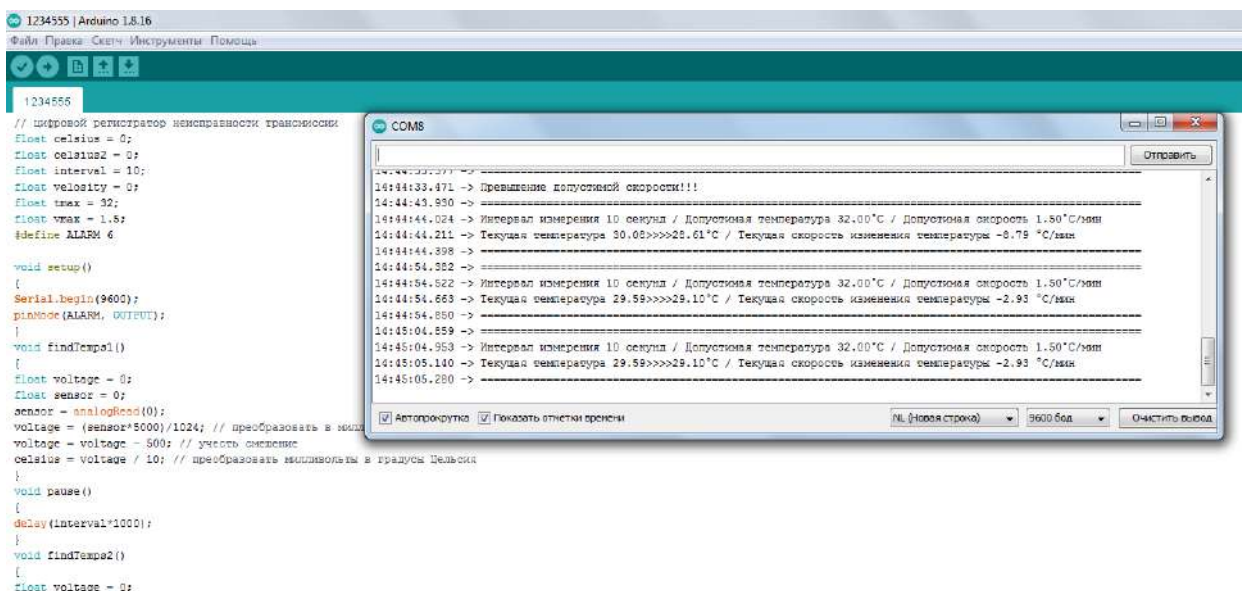


Рис. 3 – Алгоритм работы цифрового регистратора с временным интервалом 60 с

Написание программы (скетча) для микроконтроллера позволяет программно установить значения предельной температуры, предельной скорости изменения температуры и величину временного интервала. Такая настройка производится перед загрузкой программы в микроконтроллер и зависит от характеристик объекта диагностирования – узла трансмиссии. Величина предельной температуры Θ_L зависит от температуры 220...250°C выраженной через коэффициент пропорциональности трехмерной конечно-элементной модели узла трансмиссии k , величина которого меньше единицы. Предельная скорость изменения температуры V_L характерна для каждого конкретного узла и устанавливается по результатам стендовых или эксплуатационных испытаний узлов до предельного состояния.

Цифровой регистратор неисправности трансмиссии может работать как в автономном режиме, получая питание от бортовой сети, так и в сопряжении с компьютером. При таком подключении имеется возможность изменять основные настройки регистратора. В разработанной конструкции один из светодиодов программно включается при превышении допустимой температуры, а второй – при превышении допустимой скорости роста температуры. При этом источник звукового сигнала – активный пьезоэлектрический зуммер выдает кодированный звуковой сигнал: два коротких – при превышении допустимой температуры, один длинный – при превышении допустимой скорости изменения температуры.

Также программно предусмотрена возможность получения информации о работе микроконтроллера через монитор порта. На рисунке 4 представлено рабочее окно программы с окном монитора порта, в котором выводится информация о температуре, времени, скорости и случаях срабатывания регистратора, с обязательным указанием причины срабатывания.



а) окно монитора USB-порта



б) окно плоттера USB-порта

Рис. 4 – Окно программы с окном монитора порта

Разработка, изготовление и программирование цифрового регистратора неисправности трансмиссии позволяет реализовать технологию автоматического контроля механических трансмиссий на основе цифровой термодиагностики. Интерфейс устройства позволяет настраивать величины контролируемых параметров – температуры и скорости ее изменения в соответствии с характеристиками каждого диагностируемого узла.

Задачей дальнейших исследований является построение многоканального регистратора неисправности трансмиссии, причем для использованной платы с микроконтроллером ATmega328 позволяет увеличить количество одновременно контролируемых узлов трансмиссии до восьми.

Выводы.

1. Разработано техническое решение электронного устройства – цифрового регистратора неисправности трансмиссии, получен патент на полезную модель.
2. Составлена схема устройства на основе микроконтроллера ATmega 328 и датчика температуры TMP 36.
3. Программирование устройства позволяет настроить величины интервала времени контроля, допустимой температуры и допустимой скорости ее изменения. Кроме этого, имеется возможность использовать световую и звуковую индикацию от предотказном состоянии контролируемого узла.

4. Практическое использование устройства возможно как в сопряжении с компьютером, так и автономно, с питанием от бортовой сети транспортной или технологической машины.

Библиография

1. Ерохин М.Н., Пастухов А.Г. Надежность карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники в эксплуатации: монография. – Белгород : Изд-во БелГСХА, 2008 – 160 с.
2. Пастухов А.Г. Повышение надежности карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники: дисс. ... докт. техн. наук 05.20.03 / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2008. – 487 с.
3. Пастухов А.Г. Повышение надежности агрегатов механических трансмиссий сельскохозяйственной техники (на примере карданных передач) // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 60-63.
4. Пастухов А.Г. Повышение долговечности карданных шарниров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 4. С. 24-25.
5. Пастухов А.Г. Обеспечение эффективной эксплуатации грузовых автомобилей путем повышения надежности карданных передач // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2010. № 1 (22). С. 13-19.
6. Erokhin M., Kazantsev S., Pastukhov A. Operability assessment of drive shafts of john deere tractors in operational parameters // Engineering for Rural Development. Vol 17 / Latvia University of Life Sciences and Technologies/ Jelgava, 2019 / Proceedings. / pp. 28-33. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N032/
7. Gligorić R., Ašonja A., Пастухов А., Kuznetsov Y., Degtyarev M., Molnar T. Measuring of reliability of cardan shaft // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1 (1). С. 368-374.
8. Gabitov I., Negovora A., Nigmatullin S. [et al.]. Development of a method for diagnosing injectors of diesel engines // Komunikacie. – 2021. – Vol. 23. – No 1. – P. 46-57. – DOI 10.26552/COM.C.2021.1.B46-B57.
9. Gabitov I.I., Insafuddinov S.Z., Kharisov D.D. [et al.]. Diagnostics and regulation of fuel equipment of diesels on stands with injection to medium with counter-pressure // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13. – No S11. – P. 8782-8788. – DOI 10.3923/jeasci.2018.8782.8788.
10. Lebedev A.T., Arzhenovskiy A.G., Chayka Ye.A. [et al.]. Methodology for Assessing the Efficiency of Measures for the Operational Management of the Technical Systems' Reliability // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021»: Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry, Rostov-on-Don. 2022. – P. 13-20.
11. Lebedev A.T., Arzhenovskiy A., Zhurba V.V. [et al.]. Operational Management of Reliability of Technical Systems in the Agro-Industrial Complex // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021»: Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry, Rostov-on-Don. 2022. – P. 79-87.
12. Пат. № 2766269 С1. Способ диагностики элементов механических трансмиссий. Российская Федерация. МПК G01M 13/02. Тимашов Е.П., Пастухов А.Г., Тимашова О.В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, № 2021108466, заявл. 29.03.2021, опубл. 10.02.2022. Бюл. № 4.
13. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Parnikova T. System approach to assessment of thermal stress of units of transmissions // Applied Engineering Letters. 2017. Т. 2. № 2. pp. 65-68.
14. Pastukhov, A.G. Monitoring of reliability of agricultural machinery on the basis of methods of thermodiagnosis of drive lines / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov, T. Parnikova // Traktori i pogonske mašine. – 2017. – Vol. 22. – No 1-2. – P. 31-38.
15. Пат. № 199665 U1. Регистратор неисправности элементов трансмиссии. Российская Федерация. МПК G01K 13/08. Тимашов Е.П., Пастухов А.Г., Тимашова О.В., заявитель и патентообладатель АНО ВО БУКЭП, № 2020109542, заявл. 04.03.2020, опубл. 14.09.2020. Бюл. № 26.
16. Пат. № 209268 U1. Цифровой регистратор неисправности трансмиссии. Российская Федерация, МПК G01M 13/02, G01K 13/08, H04N 5/33. Тимашов Е.П., Пастухов А.Г. заявитель и патентообладатель АНО ВО БУКЭП, № 2020143184 : заявл. 25.12.2020, опубл. 10.02.2022. Бюл. № 4.
17. Пат. № 2425264 С2. Индикатор неисправностей подшипника. Российская Федерация, МПК F16C 19/52, F16C 11/04, G01M 13/04. Блейдс П., Барнесс Р.Д.Г. заявитель и патентообладатель ЭЙРБАС ЮКей ЛИМИТЕД, № 2008144358/11, заявл. 03.05.2007, опубл. 27.07.2011. Бюл. № 18.
18. Пат. № 107748 U1. Устройство для определения температуры нагрева подшипников в буксах железнодорожных вагонов. Российская Федерация, МПК B61K 9/04. Ададуров С.Е., Иконников Е.А., Миронов В.С. [и др.]. заявитель и патентообладатель ОАО НИИАС, № 2011109333/11, заявл. 14.03.2011, опубл. 27.08.2011.

References

1. Yerokhin M.N., Pastukhov A.G. Nadezhnost' kardanny'x peredach transmissij sel'skoxozyajstvennoj tehniki v e'kspluatácii: monografiya. [Reliability of cardan transmissions of agricultural machinery in operation: monograph]. Belgorod : BelSHA Publishing house, 2008 – 160 p. (In Rus.).
2. Pastukhov A.G. Povy'shenie nadezhnosti kardanny'x peredach transmissij sel'skoxozyajstvennoj tehniki: diss. ... dokt. texn. nauk 05.20.03 [Increase of reliability of cardan transmissions of agricultural machinery: Diss. ...

Doct. Techn.] 05.20.03 / Moscow state Agroengineering University. V.P. Goryachkin. Moscow, 2008. – 487 p. (In Rus.).

3. Pastukhov A.G. Povy'shenie nadezhnosti agregatov mexanicheskix transmissij sel'skoxozyajstvennoj texniki (na primere kardanny'x peredach) [Increase of reliability of units of mechanical transmissions of agricultural machinery (on the example of gimbals)]. *Trudy' GOSNITI*, 2008; 101: 60-63. (In Rus.).

4. Pastukhov A.G. Povy'shenie dolgovechnosti kardanny'x sharnirov [Increase of durability of cardan joints]. *Mexanizaciya i e'lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva*, 2007; 4: 24-25. (In Rus.).

5. Pastukhov A.G. Obespechenie e'ffektivnoj e'kspluatatsii gruzovy'x avtomobilej putem pov'sheniya nadezhnosti kardanny'x peredach [Ensuring efficient operation of trucks by improving the reliability of gimbal transmission]. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010; 1 (22): 13-19. (In Rus.).

6. Erokhin M., Kazantsev S., Pastukhov A. Operability assessment of drive shafts of john deere tractors in operational parameters // *Engineering for Rural Development*. Vol 17 / Latvia University of Life Sciences and Technologies/ Jelgava, 2019 / Proceedings. / pp. 28-33. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N032/

7. Gligorić R., Ašonja A., Пастухов А., Kuznetsov Y., Degtyarev M., Molnar T. Measuring of reliability of cardan shaft // *Agrotehnika i energoobespechenie*. 2014. № 1 (1). 368-374. (In Eng.).

8. Gabitov I., Negovora A., Nigmatullin S. [et al.]. Development of a method for diagnosing injectors of diesel engines // *Komunikacie*. – 2021. – Vol. 23. – No 1. – P. 46-57. – DOI 10.26552/COM.C.2021.1.B46-B57.

9. Gabitov I.I., Insafuddinov S.Z., Kharisov D.D. [et al.] Diagnostics and regulation of fuel equipment of diesels on stands with injection to medium with counter-pressure // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2018. – Vol. 13. – No S11. – P. 8782-8788. – DOI 10.3923/jeasci.2018.8782.8788.

10. Lebedev A.T., Arzhenovskiy A.G., Chayka Ye.A. [et al.] Methodology for Assessing the Efficiency of Measures for the Operational Management of the Technical Systems' Reliability // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021»: Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry, Rostov-on-Don. 2022. – P. 13-20.

11. Lebedev A.T., Arzhenovskiy A., Zhurba V.V. [et al.]. Operational Management of Reliability of Technical Systems in the Agro-Industrial Complex // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021»: Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry, Rostov-on-Don. 2022. – P. 79-87.

12. Pat. 2766269 C1. Sposob diagnostiki elementov mekhanicheskix transmissij [Method of diagnostics of mechanical transmission elements]. Russian Federation, IPC G01M 13/02. Timashov E.P., Pastuhov A.G., Timashova O.V., Applicant and patent holder Belgorod GAU, No. 2021108466, declared 29/03/2021; publ. 10/02/2022. Bull. Number 4.

13. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Parnikova T. System approach to assessment of thermal stress of units of transmissions // *Applied Engineering Letters*. 2017. T. 2. № 2. pp. 65-68.

14. Pastukhov, A.G. Monitoring of reliability of agricultural machinery on the basis of methods of thermodiagnosics of drive lines / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov, T. Parnikova // *Traktori i pogonske mašine*. – 2017. – Vol. 22. – No 1-2. – P. 31-38.

15. Pat. 199665 U1. Registrator neispravnosti elementov transmissii [Transmission elements fault recorder] Russian Federation, IPC G01K 13/08. Timashov E.P., Pastuhov A.G., Timashova O.V. Applicant and patent holder ANO VO BUKER. No. 2020109542; declared 04/03/2020; publ. 14/09/2020, Bull. Number 26.

16. Pat. 209268 U1. Cifrovoj registrator neispravnosti transmissii [Digital transmission fault recorder]. Russian Federation, IPC G01M 13/02, G01K 13/08, H04N 5/33. Timashov E.P., Pastuhov A.G. Applicant and patent holder ANO VO BUKER. No. 2020143184 : declared 25/12/2020; publ. 10/02/2022. Bull. Number 4.

17. Pat. 2425264 C2. Indikator neispravnostej podshipnika [Bearing fault indicator]. Russian Federation, IPC F16C 19/52, F16C 11/04, G01M 13/04. Blejds P., Barness R.D.G. Applicant and patent holder AEROBUS UK LIMITED, No. 2008144358/11, declared 03/05/2007; publ. 27/07/2011. Bull. Number 18.

18. Pat. 107748 U1. Ustrojstvo dlya opredeleniya temperatury nagreva podshipnikov v buksah zheleznodorozhnyh vagonov [Device for determining the heating temperature of bearings in the axle boxes of railway cars]. Russian Federation, IPC B61K 9/04. Adadurov S.E., Ikonnikov E.A., Mironov V.S. [et al.]. Applicant and patent holder OAO NIIAS, No. 2011109333/11, declared 14/03/2011; publ. 27/08/2011.

Сведения об авторе

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

Information about author

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

УДК 62-2.001.5.004.62/63

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

ТЕХНОЛОГИЯ КАРБОВИБРОДУГОВОГО УПРОЧНЕНИЯ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ЕЁ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Аннотация. В статье разработана ресурсосберегающая технология карбовибродугового упрочнения режущие-лезвийных поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин. При предлагаемом упрочнении использовали многокомпонентную пасту, в состав которой входил порошок ПР-Х30СРНДЮ на железной основе, высокотвердые упрочняющие компоненты и криолит Na_3AlF_6 . Упрочнение проводили с использованием установки ВДГУ-2, для расплавления слоя пасты служил угольный электрод. При реализации разработанной технологии вначале производят зачистку режущие-лезвийной поверхности рабочего органа, затем готовят пасту и наносят ее, после чего высушивают до затвердевания. После высушивания пасты производят упрочнение режущие-лезвийной поверхности упрочняемого рабочего органа с получением композиционного покрытия. Рациональный состав пасты по результатам проведенных исследований должен быть следующим: порошок ПР-Х30СРНДЮ на железной основе – 65% по массе, карбид вольфрама – 25% по массе, криолит – остальное. Упрочнение необходимо осуществлять с использованием следующих режимных параметров: сила тока – 70...75 А, частота вибрации угольного электрода – 25 Гц. Разработанная технология может быть использована для повышения ресурса широкой номенклатуры рабочих органов почвообрабатывающих машин, а также деталей перерабатывающего оборудования, используемого в агропромышленном комплексе и эксплуатируемого в абразивной среде. Проведенный на примере стрельчатых лап расчет экономической эффективности разработанной технологии показал, что на одну стрельчатую лапу культиватора Lemken Kompaktor экономическая эффективность составит 858,9 руб. Это показывает перспективность и целесообразность использования разработанной технологии в условиях агропромышленного комплекса. Благодаря невысоким дополнительным капитальным вложениям технология может использоваться даже в небольших мастерских фермерских хозяйств.

Ключевые слова: карбовибродуговое упрочнение, рабочий орган, упрочняющее покрытие, многокомпонентная паста, экономическая эффективность.

THE TECHNOLOGY OF CARBO-VIBRO-ARC HARDENING AND THE FEASIBILITY OF ITS USE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Abstract. The article develops a resource-saving technology of carbo-vibro-arc hardening of cutting-blade surfaces of the working bodies of tillage machines. For hardening, a multi-component paste was used, which included iron-based PR-H30CRNDU powder, carbide as a strengthening component, and Na_3AlF_6 cryolite. Hardening was carried out using a VDGU-2 setup; a carbon electrode was used to melt the paste layer. When implementing the developed technology, the cutting-blade surface of the working body is first cleaned, then the paste is prepared and applied, after which it is dried to harden. After drying, the paste produced hardening cutting-blade surface hardened working body to obtain a composite coating. According to the results of the research, the rational composition of the paste should be as follows: iron-based powder PR-H30CRNDU - 65% by weight, tungsten carbide - 25% by weight, cryolite - the rest. Hardening must be carried out using the following regime parameters: current strength - 70...75 A, vibration frequency of the carbon electrode - 25 Hz. The developed technology can be used to increase the resource of a wide range of working bodies of tillage machines, as well as parts of processing equipment used in the agro-industrial complex and operated in an abrasive environment. The calculation of the economic efficiency of the developed technology, carried out on the example of lancet shares, showed that for one lancet share of the Lemken Kompaktor cultivator, the economic efficiency will be 858.9 rubles. This shows the prospects and expediency of using the developed technology in the conditions of the agro-industrial complex. Thanks to low additional capital investments, the technology can be used even in small workshops of farms.

Keywords: carbo-vibro-arc hardening, working body, hardening coating, multi-component paste, economic efficiency.

Введение. Проблема повышения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин по-прежнему не теряет своей актуальности. Это связано с тем, что анализ уровня надежности почвообрабатывающей техники по данным испытаний на машиноиспытательных станциях показывает, что из общего числа отказов около 40% приходится на их рабочие органы [1-5]. Особенно низкой является наработка на отказ долот, лемехов, сменных груденок отвалов. Многие рабочие органы серийного производства имеют фактическую наработку почти в 2 раза меньше нормативной [2, 3, 6].

Для повышения ресурса в настоящее время используют различные технологии упрочнения [1-5], которые не лишены определенных недостатков. Перспективным способом упрочнения, позволяющим получать на режущие-лезвийных поверхностях рабочих органов композиционные покрытия, является карбовибродуговое упрочнение (КВДУ). В настоящее время ведутся исследования по разработке теоретических и технологических основ данного способа [2, 6-13]. При реализации технологии КВДУ на упрочняемую поверхность наносят многокомпонентную пасту (МКП), которую после высушивания до затвердевания расплавляют вибрирующим угольным электродом специальной установки. В результате из компонентов МКП на упрочняемой поверхности создается композиционное покрытие, обладающее комплексом высоких физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик. Вибрация электрода при КВДУ позволяет в среднем на 25% снизить нагрев рабочего органа в процессе его упрочнения.

Несмотря на выполненные многими учеными к настоящему моменту исследования, пока еще остаются не в полной мере отработаны рациональные режимы процесса и состав МКП для реализации технологии КВДУ режущие-лезвийных поверхностей рабочих органов, целесообразные в использовании с точки зрения получения экономической эффективности данной технологии в условиях агропромышленного комплекса.

Методы исследования. В качестве основы МКП использовали порошок ПР-Х30СРНДЮ на железной основе, химический состав которого представлен в табл. 1. Выбор указанного порошка в качестве матричного обусловлен широким его использованием для нанесения износостойких покрытий на детали машин различного функционального назначения [14, 15]. Карбиды вольфрама WC ТУ 48-19-540 и кремния SiC ГОСТ 26327, а также оксид алюминия Al₂O₃ ГОСТ 8136 служили высокотвердой составляющей МКП. Массовое содержание криолита, который выступает активатором зажигания дуги, в составе МКП составляло 10%. Связующим веществом выступал клей ПВА-М [8, 11, 12, 16-18].

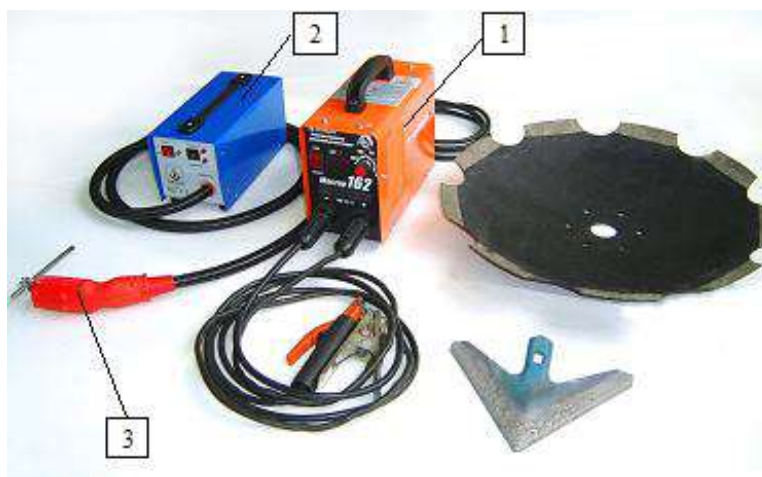
Таблица 1 – Химический состав порошка ПР-Х30СРНДЮ

Номинальный химический состав, % (основные компоненты)						
Fe	Ni	Cr	Si	B	C	Mn
Основа	1,4	30	3,2	2,0	4,9	1,0

КВДУ осуществляли на установке ВДГУ-2 (рис. 1) с использованием угольного электрода диаметром 8 мм. Для исследования микротвердости полученных упрочняющих покрытий использовали микротвердомер ПМТ-3М-01, а при оценке их износостойкости – машину трения ИМ-01. В качестве абразивного материала при проведении исследований на машине трения применяли частицы электрокорунда остроугольной формы размером 0,16...0,25 мм, время проводимых испытаний составляло 30 мин, среднее контактное давление в зоне трения – 0,30...0,35 МПа (нагрузка на ролик 100 г). При оценке экономической эффективности разработанной технологии КВДУ рабочих органов почвообрабатывающих машин учитывали данные работы [19].

Результаты исследования и их обсуждение. Комплекс проведенных теоретических и экспериментальных исследований позволил определить рациональные режимы процесса и состав МКП для реализации технологии КВДУ рабочих органов почвообрабатывающих машин.

При реализации разработанной технологии вначале производят зачистку режущие-лезвийной поверхности рабочего органа, которую эффективно выполнять с использованием угловых шлифовальных машин. После этого приготавливают МКП. При этом производят механическое смешение с использованием планетарной шаровой мельницы типа «Активатор 2SL» следующих компонентов: порошок ПР-Х30СРНДЮ на железной основе, высокотвердый компонент, криолит – остальное, и наносят слоем толщиной 1,6...1,8 мм на упрочняемую поверхность, после чего высушивают до отверждения.



1 – источник тока; 2 – пульт управления; 3 – вибратор

Рис. 1 – Установка ВДГУ-2 для КВДУ рабочих органов почвообрабатывающих машин

Для определения рационального состава МКП были проведены исследования по определению микротвердости и износостойкости упрочняющих покрытий, полученных при КВДУ с использованием МКП с различной концентрацией компонентов.

Результаты исследований по определению микротвердости упрочняющих покрытий представлены в табл. 2. Видно, что наибольшую микротвердость – 1160 НВ имеют покрытия, полученные с использованием МКП, содержащей 25% по массе карбида вольфрама. Меньшую микротвердость – 915 НВ имеют покрытия, полученные с использованием МКП, содержащей 25% по массе карбида кремния. МКП, содержащие в своем составе 25% по массе оксида алюминия, показали наиболее низкие значения микротвердости полученных покрытий – 855 НВ.

Таблица 2 – Микротвердость НВ упрочняющих покрытий, полученных при КВДУ

Используемый в составе МКП высокотвердый компонент	Содержание высокотвердого компонента, % по массе		
	15	20	25
Карбид вольфрама	1025	1080	1160
Карбид кремния	810	855	915
Оксид алюминия	790	820	855

Проведенные испытания на изнашивание показали, что износ упрочняющих покрытий, полученных при КВДУ, тем меньше, чем больше содержится в составе МКП высокотвердого компонента (табл. 3). Данная закономерность имеет место для всех испытываемых составов МКП. Наименьший износ (0,0091 г) и наибольшую износостойкость имеют упрочняющие покрытия, полученные при КВДУ с использованием МКП, содержащей 25% по массе карбида вольфрама в качестве высокотвердого компонента.

Таблица 3 – Массовый износ упрочняющих покрытий, полученных при КВДУ, г

Используемый в составе МКП высокотвердый компонент	Содержание высокотвердого компонента, % по массе		
	15	20	25
Карбид вольфрама	0,0227	0,0142	0,0091
Карбид кремния	0,0276	0,0201	0,0119
Оксид алюминия	0,0304	0,0228	0,0132

При формировании упрочняющих покрытий способом КВДУ необходимо использовать следующие режимные параметры: сила тока – 70...75 А, частота вибрации угольного электрода – 25 Гц. При КВДУ также необходимо использовать приспособления, дающие возможность дополнительно охлаждать упрочняемые рабочие органы для дополнительного

уменьшения теплового воздействия на его материал. Для контроля качества полученного покрытия целесообразно использовать лупу 10^x.

На рис. 2 представлены рабочие органы различных почвообрабатывающих машин, упрочненные с использованием разработанной технологии КВДУ.

Разработанная технология позволяет не только упрочнять рабочие органы в состоянии поставки, но и восстанавливать те, которые достигли предельного состояния при эксплуатации. В этом случае перед КВДУ производят компенсацию износа рабочего органа за счет приваривания к его режуще-лезвийной части компенсирующего износ элемента.

Результаты проведенных эксплуатационных испытаний рабочих органов, упрочненных КВДУ, в сравнении с рабочими органами в состоянии поставки, для различных почвообрабатывающих машин показали, что после КВДУ ресурс рабочих органов возрастает в среднем в 1,8...2,6 раза в зависимости от вида рабочего органа и гранулометрического состава обрабатываемых почв. Использование предлагаемой технологии также актуально в связи с введенными против нашей страны санкциями.

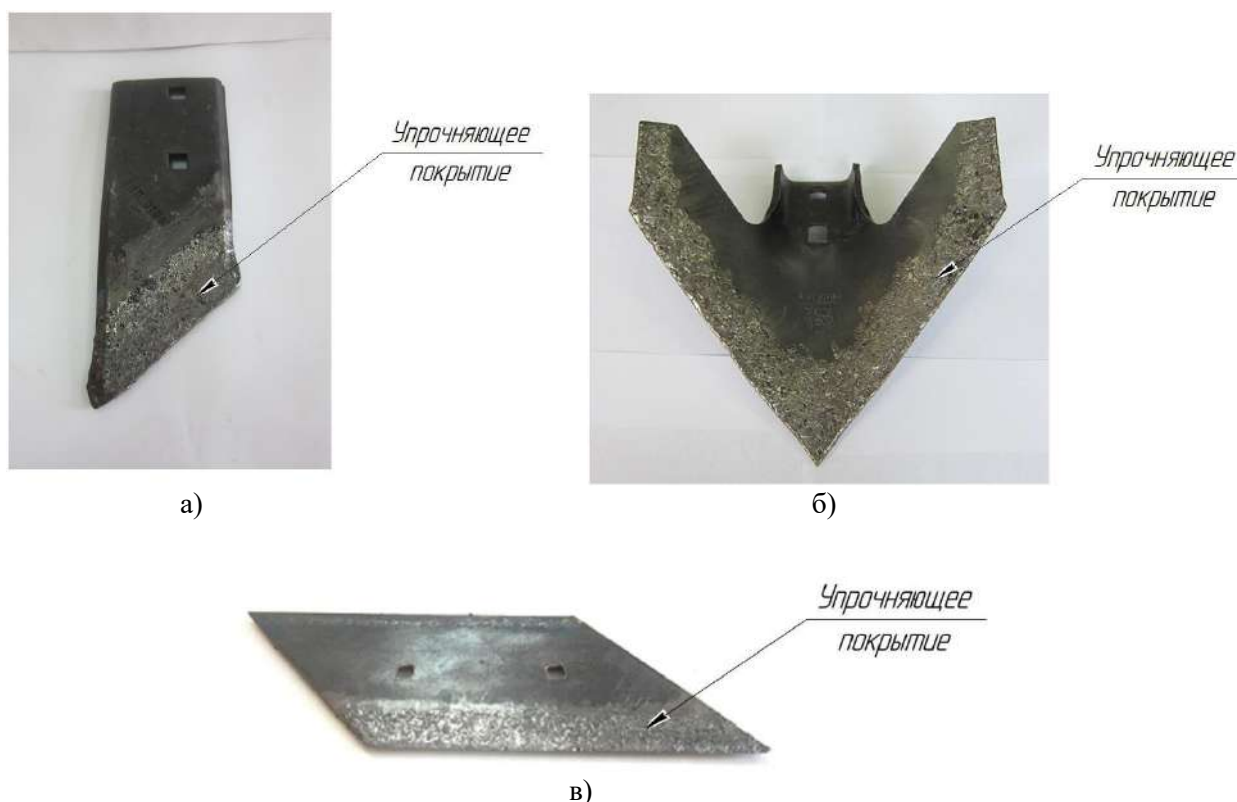


Рис. 2 – Долово плуга ПЛН-5-35П (а), стрелчатая лапа культиватора Wil-Rich Quard X2 (б), левый нож скоростного плуга ПСКУ-5 (в), упрочненные по разработанной технологии КВДУ на рациональных режимах процесса и составе МКП

Окончательную оценку целесообразности использования технологии КВДУ для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин может дать расчет ее экономической эффективности. Данный расчет выполнен на примере стрелчатых лап культиваторов Lemken Комтрактор, т.к. они в настоящее время широко используются в хозяйствах различных форм собственности при подготовке почвы.

Себестоимость C_v упрочненной КВДУ стрелчатой лапы можно определить по формуле:

$$C_v = 3П + C_M + C_{ИЗ} + ОПУ, \text{ руб.}, \quad (1)$$

где $3П$ – затраты на заработную плату рабочих, выполняющих операции разработанной технологии КВДУ, руб.; C_M – затраты на материалы, используемые при КВДУ, руб. (опре-

делялись опытным путем с учетом норм расхода и стоимости порошка ПР-Х30СРНДЮ, карбида вольфрама, криолита, клея ПВА-М, угольного электрода, окончательно данные затраты можно принять равными 157,3 руб.); $C_{ИЗ}$ – стоимость изношенной детали, руб. (определяют по цене металлолома с учетом ее массы, в нашем случае $C_{ИЗ} = 36,4$ руб.); $ОПУ$ – расходы на организацию производства, руб.

Зарботную плату производственных рабочих можно определить из соотношения:

$$ЗП = \left(\frac{T_{H_1} \cdot C_{P_1}}{60} + \frac{T_{H_2} \cdot C_{P_2}}{60} + \dots + \frac{T_{H_i} \cdot C_{P_i}}{60} \right) \cdot K_{П}, \text{ руб.}, \quad (2)$$

где $T_{H_1}, T_{H_2}, \dots, T_{H_i}$ – нормы времени на выполнение операций технологического процесса КВДУ в расчёте на одну стрелчатую лапу, мин.; $C_{P_1}, C_{P_2}, \dots, C_{P_i}$ – часовые тарифные ставки соответствующих разрядов на выполнение операций технологического процесса КВДУ, руб.; $K_{П}$ – коэффициент, учитывающий премиальную доплату, дополнительную плату рабочих и отчисления в фонды социального страхования; по рекомендациям [19] его можно принять равным 2,4, тогда получим:

$$ЗП = 110,8 \cdot 2,4 = 265,9 \text{ руб.}$$

Для облегчения расчетов составим таблицу 4.

Таблица 4 – Зарботная плата производственных рабочих

Наименование операции	Норма времени на выполнение, мин.	Часовая тарифная ставка, руб.	Зарботная плата за операцию, руб.
Зачистная	4,2	120	8,4
Приготовление МКП	14,2	130	30,8
Нанесение МКП	2,2	120	4,4
Сушильная	9,0	120	18,0
КВДУ	13,7	200	45,7
Контрольная	1,4	150	3,5
Итого:			110,8

Расходы $ОПУ$, связанные с организацией производства, по рекомендациям работ [19] можно принять в размере 300% от зарботной платы $ЗП$ производственных рабочих. Таким образом, данные расходы для нашего случая составят 797,7 руб.

Тогда себестоимость упрочнения стрелчатой лапы составит:

$$C_y = 265,9 + 157,3 + 36,4 + 797,7 = 1257,3 \text{ руб.}$$

Цену упрочненной КВДУ стрелчатой лапы определяют по формуле:

$$Ц_y = Ц_H + C_y, \text{ руб.}, \quad (3)$$

где $Ц_H$ – цена новой лапы, руб; откуда получаем

$$Ц_y = 1800 + 1257,3 = 3057,3 \text{ руб.}$$

Экономическую эффективность разработанной технологии КВДУ можно определить по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_y = \left(\frac{Ц_H - C_{OCT}^H}{P_H} - \frac{Ц_y - C_{OCT}^y}{P_y} \right) P_y, \text{ руб.}, \quad (4)$$

где C_{OCT}^H, C_{OCT}^y – стоимость остаточная новых и упрочненных КВДУ лап, руб.; P_H, P_y – ресурс новой и упрочненной КВДУ лапы, га.

После подстановки значений получаем:

$$\mathcal{E}_y = \left(\frac{1800 - 36,4}{40} - \frac{3057,3 - 36,4}{88} \right) \cdot 88 = 858,9 \text{ руб.}$$

Выводы

1. Для практической реализации технологии КВДУ режущо-лезвийных поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин по результатам проведенных исследований рекомендуется следующее:

- рациональный состав МКП: порошок ПР-Х30СРНДЮ – 65% по массе, карбид вольфрама WC – 25% по массе, криолит – остальное;

- рациональные режимы КВДУ: сила тока – 70...75 А, частота вибрации угольного электрода – 25 Гц.

2. При КВДУ на рекомендуемых рациональных составе МКП и режимах процесса микротвердость сформированного упрочняющего покрытия составит 1160 НВ, а его износ – 0,0091 г.

3. Проведенный расчет экономической эффективности разработанной технологии КВДУ рабочих органов почвообрабатывающих машин показал, что данная технология экономически целесообразна и может быть рекомендована к внедрению в производство. Экономическая эффективность разработанной технологии упрочнения с использованием КВДУ в расчете на одну стрельчатую лапу культиватора Lemken Kompaktor составит 858,9 руб.

Библиография

1. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: монография. – М.: ИНФРА-М, 2019. 155 с.

2. Лялякин В.П., Соловьев С.А., Аулов В.Ф. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 96-104.

3. Пастухов А.Г., Шарая О.А., Волков М.И. Экспериментальная отработка технологического процесса электромеханического упрочнения деталей из стали 65Г // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 2 (30). С. 78-89.

4. 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.

5. Пастухов А.Г., Бережная И.Ш. Выбор режимов для электроискрового наращивания компенсационного слоя на плунжер // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 2 (30). С. 9-17.

6. Михальченков А.М., Соловьев С.А., Новиков А.А. Об одной причине низкого ресурса деталей рабочих органов отечественных почвообрабатывающих орудий // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 117. С. 127-132.

7. Sharifullin S.N., Adigamov N.R., Adigamov N.N. et al. Surface hardening of cutting elements agricultural machinery vibro arc plasma // Journal of Physics: Conference Series. 2016. V. 669. № 1. P. 012049.

8. Bazhin P.M., Zhidovich A.O., Stolin A.M., Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Avdeeva V.V. Features of the carbo-vibroarc surfacing in the development of multicomponent cermet wear-resistant coatings // Surface and Coatings Technology. 2022. Т. 429. С. 127952. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.127952>.

9. Задорожный Р.Н., Тужилин С.П. Металлографические исследования стальных образцов, упрочненных карбовибродуговой наплавкой // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 2. С. 57-61.

10. 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.

11. Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Vinogradov V.V. et al. The microstructure of composite cermet coatings produced by carbo-vibroarc surfacing // Welding International. 2017. Vol. 31. No. 9. pp. 739-742. DOI: 10.1080/09507116.2017.1318494.

12. Виноградов, В.В. Повышение износостойкости стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий карбовибродуговым упрочнением их режущих поверхностей: автореф. дисс. канд. техн. наук / В.В. Виноградов // Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I. – Воронеж, 2017. – 16 с.

13. 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.

14. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник / Б.Н. Бабич, Е.В. Вершинина, В.А. Глебов и др. Под ред. Ю.В. Левинского. – М.: ЭКОМЕТ, 2005. 520 с.

15. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Хорошенков В.К. и др. Технологии лазерного синтеза порошковых материалов для создания, восстановления и ремонта деталей сельхозмашин // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 2. С. 3-6.

16. 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.

17. 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.
18. 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.
19. Кузнецов Ю.А., Башкирцев В.И., Башкирцев Ю.В. Технично-экономическое обоснование внедрения мероприятий научно-технического прогресса в АПК: учебно-методическое пособие. – М. : ФГБОУ «Российская инженерная академия менеджмента и агробизнеса», 2015. 91 с.

References

1. Novikov V.S. Obespecheniye dolgovechnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin: monografiya [Ensuring the durability of the working bodies of soil-cultivating machines: monograph]. – М. : INFRA-M, 2019. 155 p.
2. Lyalyakin V.P., Solov'ev S.A., Aulov V.F. Uprochnenie i vosstanovlenie detalej pochvoobrabatyvayushchikh mashin svarочно-naplavochnymi metodami (obzor) [Hardening and restoration of parts of tillage machines by welding-surfacing methods (review)] // *Welding International*. 2014. no 7. pp. 32-36.
3. Pastukhov A.G., Sharaya O.A., Volkov M.I. Eksperimental'naya otrabotka tekhnologicheskogo protsessa elektromekhanicheskogo uprochneniya detaley iz stali 65G [Experimental development of the technological process of electromechanical hardening of parts made of steel 65G] // *Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives*. 2021. no 2 (30). pp. 78-89.
4. Strebkov S.V., Slobodyuk A.P., Bondarev A.V. Vosstanovlenie rabocheho organa glubokorykhlitelya JOHN DEERE 512 RIPPER mnogoslojnym 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). pp. 79-86.
5. Pastukhov A.G., Berezhnaya I.S.H. Vybor rezhimov dlya elektroiskrovogo narashchivaniya kompensatsionnogo sloya na plunzher [Choice of modes for electrospark growth of a compensation layer on a plunger] // *Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives*. 2021. no 2 (30). pp. 9-17.
6. Mikhal'chenkov A.M., Solov'yev S.A., Novikov A.A. Ob odnoy prichine nizkogo resursa detaley rabochikh organov otechestvennykh pochvoobrabatyvayushchikh orudiy [On one reason for the low resource of parts of the working bodies of domestic tillage implements] // *Proceedings of GOSNITI*. 2014. V. 117. pp. 127-132.
7. Sharifullin S.N., Adigamov N.R., Adigamov N.N. et al. Surface hardening of cutting elements agricultural machinery vibro arc plasma // *Journal of Physics: Conference Series*. 2016. V. 669. № 1. P. 012049.
8. Bazhin P.M., Zhidovich A.O., Stolin A.M., Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Avdeeva V.V. Features of the carbo-vibroarc surfacing in the development of multicomponent cermet wear-resistant coatings // *Surface and Coatings Technology*. 2022. T. 429. C. 127952. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.127952>.
9. Zadorozhnyj R.N., Tuzhilin S.P. Metallograficheskie issledovaniya stal'nykh obrabotok, uprochnennykh karbovibrodugovoy naplavkoy [Metallographic examination of steel samples hardened by carbo-vibro-arc surfacing] // *Proceedings of GOSNITI*. 2016. V. 124. no 2. pp. 57-61.
10. Murtazin G.R., Ziganshin B.G., Yakhin S.M. Povyshenie resursa rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Increasing the service life of tillage machines] // *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2015. no 10. pp. 32-34.
11. Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Vinogradov V.V. et al. The microstructure of composite cermet coatings produced by carbo-vibroarc surfacing // *Welding International*. 2017. Vol. 31. No. 9. pp. 739-742. DOI: 10.1080/09507116.2017.1318494.
12. Vinogradov V.V. Povyshenie iznosostojkosti strel'chatykh lap pochvoobrabatyvayushchikh orudiy karbovibrodugovym uprochneniem ikh rezhushchikh 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. SHarifullin S.N., Solov'ev R.YU., Arakcheeva K.S. i dr. Uprochnenie poverkhnostej rezhushchikh ehlementov sel'skokhozyajstvennykh agregatov vibrodugovoj plazmoy [Hardening the surfaces of cutting elements of agricultural aggregates by vibro-arc plasma] // *Proceedings of GOSNITI*. 2016. V. 122. pp. 145-151.
14. Metallicheskiye poroshki i poroshkovyye materialy: spravochnik [Metal powders and powder materials: a reference book] / B.N. Babich, Ye.V. Vershinina, V.A. Glebovidr. Pod red. YU.V. Levinskogo. – М. : ECOMET, 2005. 520 p.
15. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K. i dr. Tekhnologii lazernogo sinteza poroshkovykh materialov dlya sozdaniya, vosstanovleniya i remonta detaley sel'khoz mashin [Technologies of laser synthesis of powder materials for the creation, restoration and repair of parts of agricultural machines] // *Agricultural machines and technologies*. 2014. № 2. pp. 3-6.
16. Titov N.V., Kolomeychenko 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). pp. 90-97.

17. Titov N.V., Kolomejchenko A.V., Vinogradov V.V. i dr. Issledovanie vliyaniya rezhimov i parametrov karbovibrodugovogo 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. pp. 34-37.

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

19. Kuznetsov Yu.A., Bashkirtsev V.I., Bashkirtsev Yu.V. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye vnedreniya meropriyatiy nauchno-tehnicheskogo progressa v APK: uchebno-metodicheskoye posobiye [Feasibility study for the introduction of measures of scientific and technological progress in the agro-industrial complex: teaching aid]. – М. : FGBOU «Russian Engineering Academy of Management and Agribusiness», 2015. 91 p.

Сведения об авторах

Титов Николай Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», 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, Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», ул. Автомоторная, д.2, г. Москва, Россия, 125438, тел. +7-495-4564250, доб. 64-23, e-mail: a.kolomiychenko@nami.ru

Логачев Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: logvovan@mail.ru

Багринцев Олег Олегович, аспирант кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел.+7 4862 43-19-79, e-mail: schmelji20@gmail.com

Коломейченко Алла Сергеевна, кандидат экономических наук, доцент, преподаватель информатики, ГБПОУ «Колледж железнодорожного и городского транспорта», ул. Михалковская, д. 52, г. Москва, Россия, 125430, тел.+7 495 601-46-80, e-mail: alla.kolomeychenko@mail.ru

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, Russia, Avtomotornaya St., 2, +7 495 456-42-50, ext. 65-28, E-mail: a.kolomiychenko@nami.ru

Logachev Vladimir Nikolayevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor 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, 302019, e-mail: logvovan@mail.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

Kolomeichenko Alla Sergeevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Lecturer in Informatics, State Budgetary Professional Educational Institution «College of Railway and Urban Transport», Mikhalkovskaya St., 52, Moscow, Russia, 125430, tel.+7 495 601-46-80, e-mail: alla.kolomeychenko@mail.ru

УДК 631.363

М.И. Туманова, И.П. Беляков

ЗАПИРАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДВЕРЕЙ СТАНКА ПРИ СОДЕРЖАНИИ СУПОРОСНЫХ СВИНОМАТОК

Аннотация. В статье рассматривается вопрос разработки конструкции запирающего устройства для дверей модернизируемого станка при групповом и индивидуальном содержании супоросных свиноматок при реконструкции и модернизации оборудования на свиноводческих предприятиях. Свиноводство в структуре агропромышленного комплекса наиболее динамично развивающаяся отрасль, которая активно набирает производственные обороты в последнее время. Немаловажное значение имеет производство свинины на экспорт, в страны, где активно растет ее потребление. Строительство и реконструкция свиноводческих предприятий предполагает обеспечение свиноводческого предприятия необходимым оборудованием для выполнения всех технологических процессов при производстве свинины. При выборе станочного оборудования для содержания животных обращают внимание на такие современные технические средства, позволяющие значительно снизить затраты руда, повысить рентабельность при существенном снижении энергоресурсов. Проведенный анализ зарубежных и отечественных литературных источников, а также патентный поиск существующих технических решений позволил представить конструкцию запирающего устройства для дверей станка для животных. Модернизация станка позволит осуществить возможность индивидуальной блокировки в станке агрессивных или травмированных животных и групповой блокировки индивидуальных станков для супоросных свиноматок, а также предполагает другие возможности. А именно дозированное кормление свиноматки в период супоросности, увеличение количества поросят за один опорос. Благодаря этим возможностям повышается продуктивность животных, что способствует решению продовольственных вопросов в стране. Успешное решение на крупных племенных заводах и животноводческих комплексах осуществляется благодаря современным инновационным техническим средствам, которые в кратчайшие сроки помогают модернизировать оборудование при реконструкции и строительстве свиноводческих предприятий, что позволит увеличить производительность труда.

Ключевые слова: модернизация, устройство, свинина, станок, дверца.

LOCKING DEVICE FOR MACHINE DOORS WHEN KEEPING PREGNANT SOWS

Abstract. The article deals with the issue of developing the design of a locking device for the doors of a modernized machine for group and individual maintenance of pregnant sows during the reconstruction and modernization of equipment at pig breeding enterprises. Pig breeding in the structure of the agro-industrial complex is the most dynamically developing industry, which has been actively gaining production momentum in recent years. Of no small importance is the production of pork for export, to countries where its consumption is actively growing. The construction and reconstruction of pig-breeding enterprises involves providing the pig-breeding enterprise with the necessary equipment to perform all technological processes in the production of pork. When choosing machine equipment for keeping animals, attention is paid to such modern technical means that can significantly reduce ore costs, increase profitability with a significant reduction in energy resources. The analysis of foreign and domestic literary sources, as well as a patent search for existing technical solutions, made it possible to present the design of the locking device for the doors of the machine for animals. The modernization of the machine will allow the possibility of individual blocking in the machine of aggressive or injured animals and group blocking of individual machines for pregnant sows, and also suggests other possibilities. Namely, dosed feeding of the sow during gestation, an increase in the number of piglets per farrow. Thanks to these opportunities, the productivity of animals increases, which contributes to the solution of food issues in the country. A successful solution at large breeding plants and livestock complexes is carried out thanks to modern innovative technical means, which in the shortest possible time help to modernize equipment during the reconstruction and construction of pig breeding enterprises, which will increase labor productivity.

Keywords: modernization, device, pork, machine, door.

Введение. При обеспечении мясными продуктами население страны свиноводство играет ведущую роль, так как она наиболее экономично и эффективно развивается в структуре АПК. По результатам выполнения задач, представленных в государственной программе развития АПК, показатель по производству мяса выполнен, но с небольшим коэффициентом прироста. В целях продовольственного благополучия населения страны необходимо дальнейшее наращивание производства мяса, мясной продукции. Провал, который был в предыдущие годы пройден и в настоящее время на крупных агрохолдингах большое внимание уделяется ветеринарно-санитарной защите от возможных болезней животных. Немаловажное

значение имеет производство свинины на экспорт в Китай и другие страны, так как потребление свинины в последнее время активно растет. Российское производство мяса животных и птицы в общемировом объеме производства мяса составило в 2020 году более четырех процентов. Производство свинины в России в 2020 г. выросло на 8,76%. На себестоимость продукции и конкурентоспособность существенно влияет оснащенность предприятия технологическим оборудованием и его состояние.

Одним из ведущих регионов России по темпам развития свиноводства и уровню инвестиционной активности является Кубань. Только за последний год наблюдается рост голов свиней до 638 тысяч. Краснодарский край первый в Южном Федеральном Округе по выращиванию скота и птицы (рисунок 1).

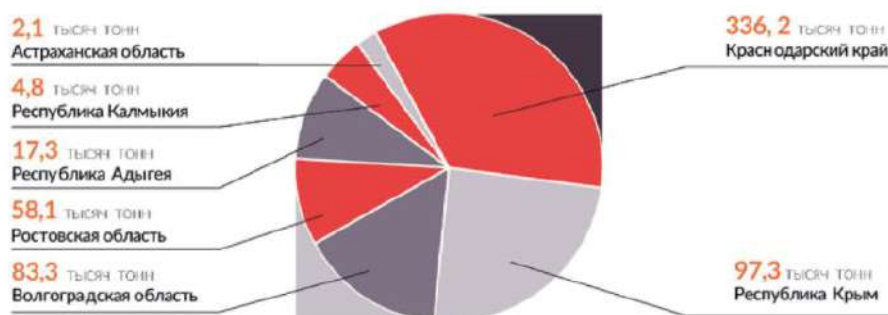


Рис. 1 – Статистические данные по выращиванию скота в ЮФО

Свиньи породы ландрас отличаются превосходными мясными качествами беконного типа, а породы дюрок имеет сальное и мясное направление, а также для получения породы товарных гибридов. Широкое распространение в Краснодарском крае получила порода свиней вьетнамская вислобрюхая, у этой породы деликатесное и поэтому дорогое мясо.

Конкурентоспособной продукция свиноводства может быть при снижении издержек производства. Для этого нужно использовать ресурсосберегающие технологии, широко известная датская и канадская, которые можно реализовать с помощью современного инновационного оборудования с автоматизацией производства [1, 4, 5, 7]. Реконструкция существующих агрохолдингов и агрофирм и их техническое переоснащение в соответствии с требованиями технологического процесса при промышленном производстве свинины является одним из способов решения проблемы.

При реконструкции производственных помещений, замене могут подвергаться и все оборудование для выполнения основных технологических процессов, которыми являются создание микроклимата, приготовление и раздача кормов, удаление и хранение навоза, водоснабжение, а также отдельные комплекты оборудования [6, 8], модернизация которых существенно снизит финансовые затраты.

Объект и методы исследования. Необходимым условием для реализации технологических параметров производства продукции является содержание животных в станках, отвечающих потребностям каждой половозрастной группы. Постоянно проводимые работы в области селекции свиней приводят к изменению размеров животных, поэтому рекомендации по их содержанию периодически претерпевают изменения. При организации технологического процесса по производству свинины для каждой половозрастной группы животных применяются различные типы станков: индивидуальные – для подсосных маток с поросятами; групповые или индивидуальные – для холостых, условно-супоросных маток и хряков; групповые – для поросят-отъемышей и свиней на откорме. При строительстве и модернизации свиноводческих комплексов необходимым для успешного развития и получения прибыли является внедрение современного оборудования. При выборе станочного оборудования для содержания животных обращают внимание на такие современные технические средства, позволяющие значительно снизить затраты руда, повысить рентабельность при существенном

снижении энергоресурсов. Особое внимание уделяют техническим решениям позволяющим запирают животных с участием человека или автоматически.

Передовые системы станочного оборудования для супоросных свиноматок представлены станком ВН (фирма «SHAUER») [2], который удобный для осеменения, самозапирающийся станок. Подходит как для центра осеменения, так и для участка супоросных свиноматок, оптимальная функциональность которого благодаря встроенной дверце управления гарантия выхода свиноматки через встроенную дверцу обратного хода. Автоматическая блокировка с помощью пневматического цилиндра.

Самозапирающийся станок Swing (фирма «SHAUER»), для одновременного кормления группы 6...15 свиноматок (рисунок 2). Прочная, износостойкая конструкция, при закрытии фиксируется с двух сторон. Функции: возможность свободного передвижения при групповом содержании, захват и фиксация для кормления.



Рис. 2 – Самозапирающийся станок Swing

Из серийно изготавливаемых рекомендуется применение следующих станков для супоросных свиноматок (рисунок 3):

- 1) КПС-108.12.00.000 предназначено для холостых свиноматок и маток первого периода супоросности.
- 2) ОСС-400.01.000 предназначено для группового содержания 400 супоросных свиноматок на свинокомплексах по выращиванию и откорму 12 и 24 тысячи свиней в год [3].

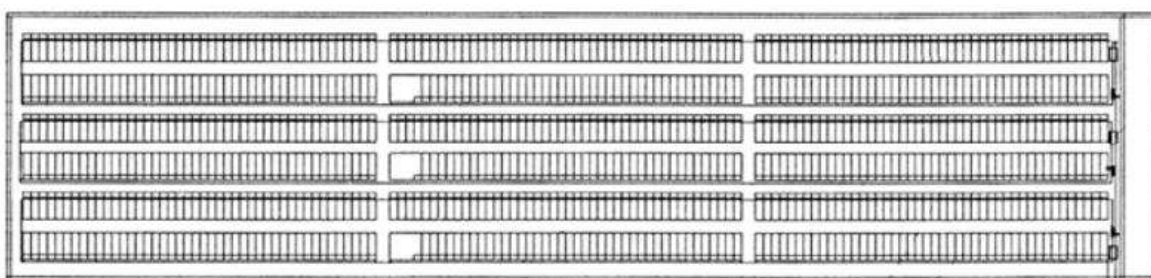
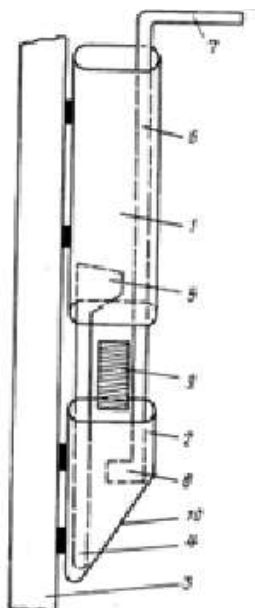


Рис. 3 – Схема расположения оборудования в свиарнике для холостых и супоросных свиноматок

За год от одной свиноматки при соблюдении рациона кормления и содержания можно получить до двадцати поросят. Групповой метод содержания свиноматок в период супоросности, на каждую матку в станке должно приходиться не менее 1,4 м² площади пола и 0,45...0,6 метров фронта кормления.

Осуществленный патентный поиск технического решения запирающего устройства для дверей станка, представленный ниже, дает информацию о ходе разработок в этой области.

В авторском свидетельстве SU 1430489 фиксирующим элементом для станка [9] является ригель, который расположен вертикально, с управляющей планкой и кулачком для фиксации ригеля (рисунок 4). В изобретении, представленном в патенте RU 2068934 С1, для повышения удобства при обслуживании животных, а именно автоматическое фиксирование дверей станка [10], модернизировали ригель, тем, что он имеет на свободном конце выступ треугольной формы. Запирающее устройство, в виде подпружиненного ригеля и шарнирно установленного с фиксирующими элементами в виде планки для управления, представлены в патенте SU 1250636 А1. С целью снижения металлоемкости в патенте SU 906463А1 предлагается дверца станка для животных с запорным устройством, которое выполнено в виде двойного зацепа и запорной планки.



1, 2 – фиксирующие элементы; 3 – стойка; 4 – запорный брус; 5 – выступ;
6 – управляющая планка; 7 – ручка; 8 – кулачок; 9 – ригель; 10 – основание

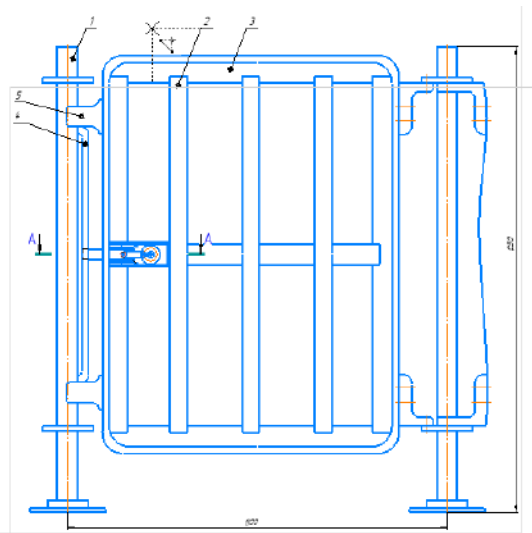
Рис. 4 – Запирающее устройство

Таким образом, анализ серийно выпускаемого станочного современного оборудования и проведенный патентный поиск показал, что существуют современные зарубежного и отечественного производства технические решения, которые относятся к средствам механизации при промышленном производстве свинины.

Цель исследования – разработать конструктивно-технологическую схему запирающего устройства для дверей модернизируемого станка при групповом и индивидуальном содержании супоросных свиноматок при промышленном производстве свинины.

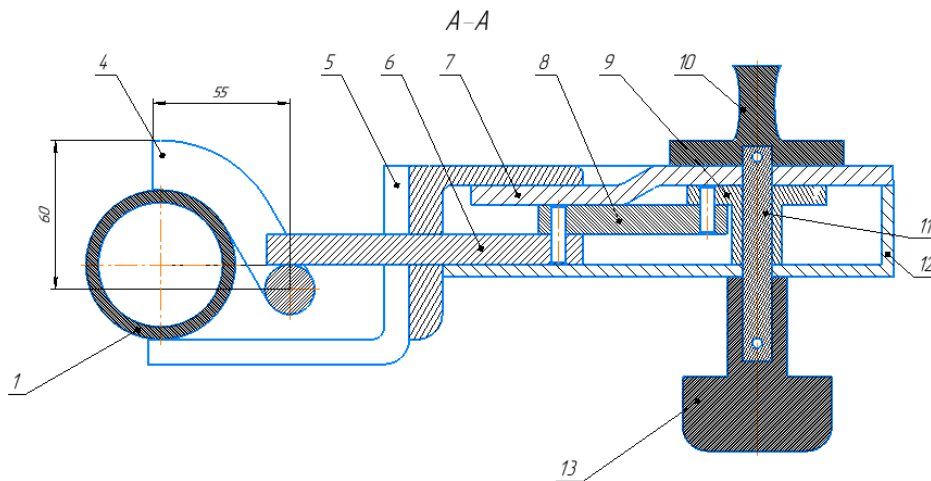
Предлагается следующее техническое решение. Изобретение к средствам механизации животноводства, и может быть использовано для запирания дверей станка при групповом и индивидуальном содержании супоросных свиноматок.

Целью данного технического решения является повышение надежности работы и удобства в эксплуатации. На рисунке 5 представлен общий вид запирающего устройства для двери, а на рисунке 6 представлен вид запирающего устройства, вид сверху.



1 – опора; 2 – перегородка; 3 – гнездо; 4 – зацеп

Рис. 5 – Общий вид запирающего устройства для двери



1 – опора; 2 – перегородка; 3 – гнездо; 4 – зацеп; 5 – лапки; 6 – засов; 7 – планка;
8 – кулиса; 9 – манжетка; 10, 13 – ручки; 11 – сердечник; 12 – крышка

Рис. 6 – Вид запирающего устройства сверху

Результаты и обсуждение. Запирающее устройство для дверей станка при групповом и индивидуальном содержании супоросных свиноматок содержит фиксирующие элементы и замок с засовом 6, проходящим через гнездо двери станка 3. Запирающий механизм располагается на планке 7. Крышка замка 12 примыкает к планке 7, а также перегородке 2, и закрывает подвижные части замка. Через центрованные отверстия в крышке 12 и планке 7 проходит сердечник 11, на краях которого монтируются ручки 10, 13. Сердечник 11 пропускается через манжетку 9, которая, через кулису 8, соединена с засовом 6, округлённым со стороны кулисы 8. Засов 6 проходит через гнездо в двери станка 3 и в закрытом положении упирается в зацеп 4 на опоре 1, относящейся к ограждению и выполненной из трубной стали. Лапки 5, закреплённые на двери станка, упираются в опору 1 с обратной от засова стороны. Устройство работает следующим образом. В открытом положении манжетка 9 повернута по часовой стрелке на 90 градусов. Засов не касается зацепа 4. При повороте ручки 13 против часовой стрелки либо ручки 10 по часовой стрелке крутящий момент передаётся через сердечник на манжетку, манжетка проворачивается и толкает кулису, которая, в свою очередь, проталкивает засов 6 через гнездо в двери станка 3. В закрытом положении двери засов 6 проходит за ось зацепа 4, а лапки 5 прижаты к опоре 1, что, в совокупности, надёжно прижимает дверь с обеих сторон. Открытие дверей животными исключено, поскольку для от-

крытия двери с внутренней стороны необходим крутящий момент достаточной силы, чтобы продвигать засов в любом из направлений, что невозможно выполнить животным.

Произведем теоретический расчет стойки станка. К стойке станка крепится калитка, на стойку в процессе работы будет действовать сила тяжести калитки, приложенная от центра масс P_g , избегающий момент M_y (рисунок 7).

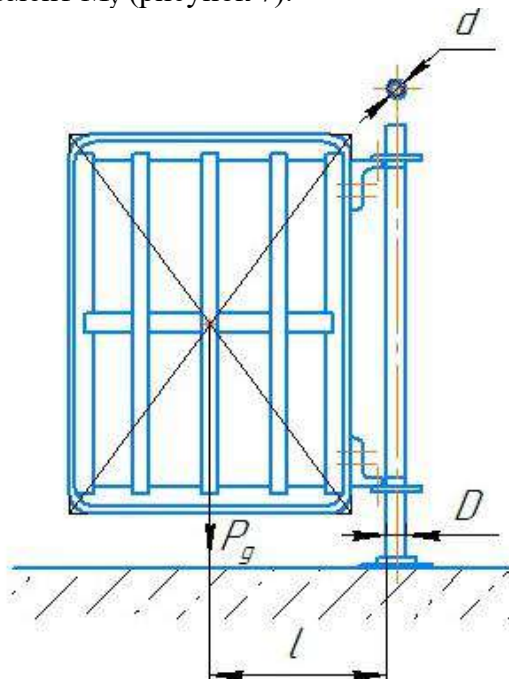


Рис. 7 – Расчет стойки станка

Условие прочности для напряжения внутреннего сжатия имеет вид

$$\sigma_{max} = \pm \frac{P_g}{A} + \frac{M_y}{W_y} \leq [\sigma], \quad (1)$$

где P_g – сила тяжести калитки, приложенная от центра масс, Н, $P_g = 400$ Н; M_y – изгибающий момент, Н·м; W_y – осевой момент сопротивления, m^3 ; A – площадь поперечного сечения трубы, m^2 ; σ – напряжение внутреннего сжатия для стали, МПа, $[\sigma]=160$ МПа.

Изгибающий момент определим по формуле

$$M_y = P_g \cdot \ell, \quad (2)$$

где ℓ – длина плеча, м, $\ell = 0,475$ м, тогда после подстановки значений получаем

$$M_y = P_g \cdot \ell = 400 \cdot 0,475 = 190 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Площадь поперечного сечения трубы равна

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3)$$

где D – внешний диаметр трубы, м, $D = 0,5$ м; d – внутренний диаметр трубы, м, $d = 0,4$ м, откуда получаем

$$A = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = 3,14 \left(\frac{0,5^2}{4} - \frac{0,4^2}{4} \right) = 0,071 \text{ м}^2.$$

Осевой момент сопротивления определим по формуле

$$W_y = 0,1 \cdot D^3 \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right), \quad (4)$$

после подстановки значений размеров получаем

$$W_y = 0,1 \cdot D^3 \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right) = 0,1 \cdot 0,5^3 (1 - 0,8^4) = 0,007 \text{ м}^3.$$

Тогда по формуле (1) получим

$$\sigma_{max} = \pm \frac{400}{0,071} + \frac{190}{0,007} = \pm 5633,8 + 27142,8 = 21509 \dots 32776,6 \text{ Па}.$$

Поскольку выполняется условие прочности $\sigma_{max} = 32776,6 \text{ Па} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$, то внешний диаметр трубы стойки станка подобран правильно.

Заключение. Таким образом, дальнейшая интеграция отрасли свиноводства с помощью значительной финансовой поддержки со стороны государства продолжается. Необходимо дальнейшая активность и профессионализм, новаторский подход в решении вопроса создания и модернизации отечественными производителями технических решений, способных осуществить прорыв в животноводческой отрасли.

1. Накопленный мировой опыт по ведению хозяйственной деятельности, передовые технологии и средства в области механизации и автоматизации промышленных свиноводческих предприятий позволяют создавать оптимальные условия микроклимата, содержания, кормления свиней. Важно, чтобы подобные технические решения были представлены отечественными исследователями и производителями.

2. Предложенная модернизация оборудования при групповом и индивидуальном содержании супоросных свиноматок при промышленном производстве свинины предусматривает следующие преимущества:

– индивидуальное (строго дозированное) кормление каждой свиноматки, особенно важно в период супоросности, когда происходит развитие эмбриона, так как более сильные животные поедают корм более слабых, что приводит к повышению затрат;

– индивидуальная блокировка в станке инвазивных или травмированных животных;

– увеличение вместимости помещения;

– рост количества поросят за один опорос за счет снижения стрессовых состояний у свиноматок, которое приводит к заболеваниям сердца, нервной системы животного и отрицательно влияет на качество свинины;

– конструктивная простота обеспечивает надежность, долговечность и удобство при его использовании.

Библиография

1. Фролов В.Ю., Сысоев Д.П., Туманова М.И. Повышение эффективности производства живого скота // Британский журнал инноваций в науке и технике. 2016. № 1. С. 25-34.

2. Schauer. Perfect Farming systems // <https://www.schauer.ru/> URL: <https://www.schauer.ru/> (дата обращения 01.02.2022).

3. Рекомендации по реконструкции животноводческих ферм // <https://files.stroyinf.ru/> / URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293845/4293845712.htm> (дата обращения 01.02.2022).

4. Гаврилов М.Д., Туманова М.И., Сысоев Д.П., Фролов В.Ю. Раздатчик-измельчитель рулонной заготовки // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых преподавателей по итогам НИР за 2016 год. 2016. С. 330-331.

5. Фролов В.Ю., Сысоев Д.П., Туманова М.И. Классификация кормораздатчиков // Техника и оборудование для села. 2015. № 7. С. 18-19.

6. Статистика региона - Прибыльное животноводство // <https://www.farming-expo.ru/> / URL: <https://www.farming-expo.ru/ru-RU/exhibitors/region-statistics.aspx> (дата обращения 01.02.2022).

7. К вопросу по совершенствованию технических средств измельчения прессованных грубых кормов // В сборнике: Инновационные тенденции развития российской науки материалы X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной Году экологии и 65-летию Красноярского ГАУ. 2017. С. 191-193.

8. Край мясной и край молочный // <https://www.kommersant.ru/> / URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5040527> (дата обращения 01.02.2022).

9. Запирающее устройство для дверей станка животных – SU 1430489 // <https://patents.su/> / URL: <https://patents.su/4-1430489-zapirayushhee-ustrojstvo-dlya-dverejj-stanka-dlya-zhivotnykh.html> (дата обращения 01.02.2022).

10. Защелка для животноводческих станков // <https://patenton.ru/> / URL: <https://patenton.ru/patent/RU2068934C1> (дата обращения 01.02.2022).

References

1. Frolov V.Yu, Sysoev D.P., Tumanova M.I. Povysheniye effektivnosti proizvodstva zhivogo skota [Improvement of the livestock production efficiency] // British Journal of Innovation in Science and Technology. №1. S. 25-34.

2. Schauer. Perfect Farming systems // <https://www.schauer.ru/> URL: <https://www.schauer.ru/> (data obrashcheniya 01.02.2022).

3. Rekomendatsii po rekonstruktsii zhivotnovodcheskikh ferm [Recommendations for the reconstruction of livestock farms] // <https://files.stroyinf.ru> / URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293845/4293845712.htm> (data obrashcheniya 01.02.2022).

4. Gavrilov M.D., Tumanova M.I., Sysoev D.P., Frolov V.Yu. Razdatchik-izmel'chitel' rulonnoy zagotovki [Distributor-shredder of rolled billets] // 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 and teachers based on the results of research in 2016. 2016. S. 330-331.

5. Frolov V.Yu., Sysoev, D.P., Tumanova, M.I. Klassifikatsiya kormorazdatchikov [Classification of feed feeders] // Machinery and equipment for the village. No. 7. S. 18-19.

6. Statistika regiona-Pribyl'noye zhivotnovodstvo [Region statistics-Profitable animal husbandry] // <https://www.farming-expo.ru> / URL: <https://www.farming-expo.ru/ru-RU/exhibitors/region-statistics.aspx> (data obrashcheniya 01.02.2022).

7. K voprosu po sovershenstvovaniyu tekhnicheskikh sredstv izmel'cheniya pressovannykh grubykh kormov [On the issue of improving the technical means of grinding compressed coarse feed] // in the collection: Innovative trends in the development of Russian science materials of the X International scientific and practical conference of young scientists dedicated to the year of ecology and the 65th anniversary of the Krasnoyarsk state UNIVERSITY. 2017. S. 191-193.

8. Kray myasnoy i kray molochnyy [The edge of the meat and the edge of the milk] // <https://www.kommersant.ru> / URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5040527> (data obrashcheniya 01.02.2022).

9. Zapirayushcheye ustroystvo dlya dverey stanka zhivotnykh – SU 1430489 [Animal machine door lock] // <https://patents.su>/URL:<https://patents.su/4-1430489-zapirayushchee-ustrojstvo-dlya-dverejj-stanka-dlya-hivotnykh.html> (data obrashcheniya 01.02.2022).

10. Zashchelka dlya zhivotnovodcheskikh stankov [Livestock latch] // <https://patenton.ru> / URL: <https://patenton.ru/patent/RU2068934C1> (data obrashcheniya 01.02.2022).

Сведения об авторах

Туманова Марина Ивановна, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации животноводства и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им. Трубилина, ул. Калинина д.13, г. Краснодар, Россия, 350044, тел. +7-905-40-38-134, e-mail: tumanova-kgau@mail.ru

Беляков Иван Петрович, студент факультета механизации, ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ им. Трубилина, ул. Калинина д.13, г. Краснодар, Россия, 350044, тел. +7-988-546-27-18, e-mail: belykov-iv@yandex.ru

Information about authors

Tumanova Marina Ivanovna, candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of mechanization of animal husbandry and life safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin », 13 Kalinina str., Krasnodar, Russia, 350044, tel. +7-905-40-38-134, e-mail: tumanova-kgau@mail.ru

Belyakov Ivan Petrovich, student of the Faculty of Mechanization, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», 13 Kalinina str., Krasnodar, Russia, 350044, tel. +7-964-920-23-26, +7-952-867-48-41, e-mail: belykov-iv@yandex.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 631.95:628.516:615.849

А.И. Дутов, Л.А. Пузанова

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МИНИМИЗАЦИИ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ВОЗРОЖДЕНИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ АВАРИИ НА ЧАЭС)

Аннотация. Представлены, проанализированы и обобщены экспериментальные результаты многолетних исследований по определению научно-практических подходов к минимизации доз облучения населения в контексте возрождения кормопроизводства для молочного животноводства на загрязненной радионуклидами территории. Показано, что в отдаленный период развития радиационной ситуации после аварии на Чернобыльской АЭС, основная доза облучения населения формируется за счет внутреннего облучения с продуктами питания, в частности с употреблением в пищу сельскохозяйственной продукции местного производства. Установлено, что наиболее критической в радиационном отношении продукцией остается продукция животноводства, в частности молоко, которое производится в личных подсобных хозяйствах населения. В то же время радиационно-экологическая критичность молока в значительной степени может быть компенсирована внедрением комплекса противорадиационных мероприятий, направленных на получение гарантированно безопасной продукции. Основными путями достижения этого является внедрение комплекса противорадиационных мероприятий, направленных на снижение интенсивности миграции ^{137}Cs из почвы в кормовые культуры, и рациональным использованием имеющейся кормовой базы при формировании структуры рациона в зависимости от вида животных, их продуктивности, направления использования молока: непосредственно в питания населения или в качестве сырья для последующей переработки. Эффективным противорадиационным мероприятием, направленным на снижение индивидуальной эффективной дозы облучения населения при разработке научно-практических подходов к возрождению кормопроизводства для молочного животноводства, является и насыщение кормовых севооборотов культурами, которые отличаются потенциально невысокой способностью накапливать радионуклиды. При одинаковой плотности загрязнения почвы ^{137}Cs удельная активность зеленой массы кормовых культур может различаться более, чем в десять раз. При этом минимальная потенциальная способность накапливать радионуклид в зеленой массе растений характерна для кукурузы и злаковых трав (тимофеевка и ежа сборная), максимальная – у кормовых культур, принадлежащих к семейству бобовых, в частности в зеленой массе люпина желтого. Поэтому наряду с экономической обоснованностью и целесообразностью возрождения высокопродуктивной отрасли сельскохозяйственного производства, необходимо предусматривать комплекс мероприятий, направленных на производство гарантированно безопасной в радиационном отношении продукции.

Ключевые слова: Агропромышленное производство, радионуклидное загрязнение, аграрные экосистемы, ^{137}Cs , сельскохозяйственная продукция, кормопроизводство, молочное животноводство, противорадиационные мероприятия, доза облучения населения, трофические цепи, плотность загрязнения почвы, зоны радиоактивного загрязнения, интенсивность миграции радионуклидов, удельная активность продукции.

AGROECOLOGICAL ASPECTS OF MINIMIZING POPULATION EXPOSURE DOSE IN THE CONTEXT OF REVIVAL OF FEED PRODUCTION IN THE RADIONUCLIDES-CONTAMINATED TERRITORY (ON THE EXAMPLE OF CHERNOBYL NPP ACCIDENT)

Abstract. The experimental results of many years of research to determine scientific and practical approaches to minimizing public exposure doses in the context of the revival of feed production in a territory contaminated with radionuclides are presented, analyzed and summarized. It is shown that in the remote period of the development of the radiation situation after the accident at the Chernobyl nuclear power plant, the main dose of exposure to the population is formed from internal exposure with food, in particular, with the consumption of agricultural products from the local production. It has been established that livestock products remain the most critical in terms of radiation, in particular milk, which is produced in personal subsidiary plots of the population. At the same time, the radioecological criticality of milk can be largely compensated by the introduction of the anti-radiation measures aimed at obtaining guaranteed safe products. The main ways to achieve this are the introduction of a set of anti-radiation measures aimed at reducing the intensity of ^{137}Cs migration from the soil to fodder crops, and the rational using of the available forage base in the formation of the diet structure depending on the type of animals, their productivity, the direction of milk using: directly in the nutrition of the population or as a raw material for further deep processing. An effective anti-radiation measure

aimed at reducing the individual effective dose of exposure to the population in the developing of scientific and practical approaches to the revival of fodder production for dairy farming is the saturation of fodder crop rotations with plants that have a potentially low ability to accumulate radionuclides. In the same contamination density of soil with ^{137}Cs , the specific activity of the green mass of fodder crops can differ by more than ten times. In our studies, the minimum potential ability to accumulate the radionuclide in the green mass of plants was characteristic for corn and cereal grasses (timothy grass and cocksfoot), the maximum – in fodder crops belonging to the legume family in the green mass, especially in yellow lupine. Therefore, along with the economics feasibility and expediency of the formation of a highly productive branch of agricultural production, it is necessary to envisage measures to minimize the individual effective dose of irradiation of the population by producing products that are guaranteed to be radiation-safe.

Keywords: Agro-industrial production, Chernobyl NPP accident, radionuclide contamination, agricultural ecosystems, ^{137}Cs , agricultural products, feed production, dairy farming, anti-radiation measures, population exposure dose, food chains, soil contamination density. zones of radioactive contamination, intensity of migration of radionuclides, specific activity of products.

Введение. Радиационные аварии и инциденты, в первую очередь, имеют аграрно-экологические аспекты, обусловленные тем, что после их локализации, радиоактивные выпадения аккумулируются в почве, которая со временем становится основным источником дальнейшей длительной миграции радионуклидов по трофическим цепям, а производство и потребление сельскохозяйственной продукции на этих территориях – основным путем их поступления в организм и последующего облучения населения [1, 2, 3]. Не является исключением и авария на Чернобыльской АЭС, которая по праву считается наибольшей техногенной катастрофой в истории человечества. Существенное повышение природного радиационного фона было отмечено практически на всем северном полушарии планеты. Значительные выпадения радионуклидов были зафиксированы на площади около 200 тысяч км² [4, 5, 6]. По состоянию на 1986 год, на этой территории проживало более 18 млн. человек [7].

Сегодня, спустя 35 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная ситуация значительно улучшилась. Произошло это преимущественно за счет физического распада короткоживущих радионуклидов, а также необменной фиксации ^{137}Cs (основного биологически значимого радионуклида) почвенно-поглощающим комплексом [8, 9, 10]. В то же время основным источником облучения населения является сельскохозяйственная продукция, которая выращивается в зонах радиоактивного загрязнения и используется на продовольственные нужды населения. В тридцатикилометровой зоне радиоактивного загрязнения вокруг ЧАЭС по-прежнему остаются выселенными 76 населенных пунктов. Без специального разрешения там и сегодня запрещена любая деятельность по производству товарной продукции. Кроме этого, в различных зонах радиоактивного загрязнения еще остаются около пяти тысяч населенных пунктов с населением около трех миллионов человек [11, 12, 13].

Таким образом, закономерным встает вопрос о перспективах возрождения сельскохозяйственного производства, в том числе и молочного животноводства на этих территориях [14, 15, 16], что является важной и актуальной задачей.

Материалы и методы исследований. Исследования по разработке научно-практических подходов к возрождению молочного животноводства в контексте минимизации доз облучения населения проводили в натуральных условиях северо-западных районов Полесья наиболее загрязненных, вследствие аварии на ЧАЭС (зоны отчуждения, отселения и зона проживания с правом на отселение). 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 / м² почвы).

Удельную активность ^{137}Cs , как основного дозообразующего радионуклида в поздний период развития радиационной ситуации после Чернобыльской катастрофы, определяли на гамма-спектрометрическом оборудовании с полупроводниковым детекторами GEM-30185, Ge (Li), GMX серии «EG & G ORTEC» с многоканальным анализатором ADCAM – 300.

Отбор образцов и их подготовку к анализу осуществляли по общепринятым методикам с учетом специфики научно-исследовательских работ в области сельскохозяйственной радиологии [17].

Результаты и их обсуждение. Концептуальные подходы к возможному возрождению агропромышленного производства на отселенной по радиологическим показателям территории (зона отчуждения – территория, с которой в 1986 и в 1987 годах население было эвакуировано и зона отселения – территория за пределами зоны отчуждения, на которой было проведено отселение в последующие годы), в том числе и одной из наиболее его значимой отрасли – молочного животноводства, базируются на структуре формирования эффективной эквивалентной дозы облучения населения. Обобщенные результаты многолетних исследований, представленных на рисунке 1, показали, что в поздние период развития радиационной ситуации формируется она преимущественно за счет ^{137}Cs , поступающего в организм с продуктами питания, в частности с сельскохозяйственной продукцией, производимой на радиоактивно загрязненной территории.

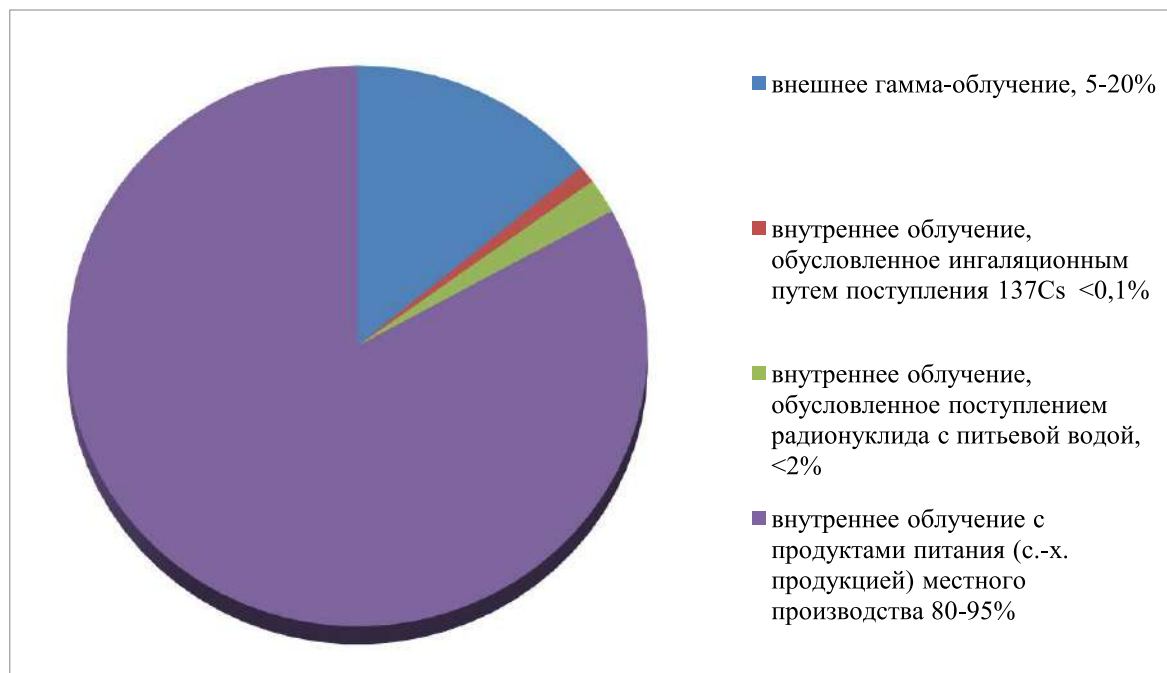


Рис. 1 – Структура формирования суммарной дозы облучения населения северо-западных районах Полесья, загрязненного в результате Чернобыльской катастрофы в отдаленный период развития радиационной ситуации

Приведенные результаты исследований показывают, что в условиях дерново-подзолистых почв северо-западного Полесья, вклад продуктов питания местного производства в структуру общей дозы облучения населения достигает 80%, а в отдельных случаях – до 95%.

Относительно высоким остается и вклад внешнего облучения. Значительно более высоким он был на ранних этапах развития радиационной ситуации. Сегодня, спустя 35 лет после аварии на ЧАЭС, он может колебаться от 5% (на землях загрязненных ^{137}Cs , но не выведенных из обработки) и до 20% (на необрабатываемых после радионуклидного загрязнения почвах зоны отчуждения и зоны отселения).

Вклад ^{137}Cs , поступающего в организм с питьевой водой, является относительно невысоким (до 2%) и потенциально может представлять опасность во время паводков при горизонтальной миграции радионуклида с поверхностными водами. Невысокий вклад в суммарную дозу облучения населения характерен и для ингаляционного пути (не превышает 1%).

Таким образом, в поздний период развития радиационной ситуации основным модифицирующим фактором, определяющим дозу облучения населения, является сельскохозяйственная продукция, которая производится на радиоактивно загрязненной территории для употребления в пищу. При этом наиболее критичным является молоко. По данным, приведенным в таблице 2, его вклад в общую структуру загрязненной продукции достигает 64%.

Следует отметить, что радиационно-экологическая критичность молока может существенно изменяться в зависимости от условий содержания животных. Так, в засушливые годы, когда в качестве выпасов начинают использовать лесные угодья и некультуренные пастбища с аномально высокими коэффициентами перехода ^{137}Cs из почвы в травостой, заготавливать на этих угодьях сено, удельная активность образцов молока значительно увеличивается.

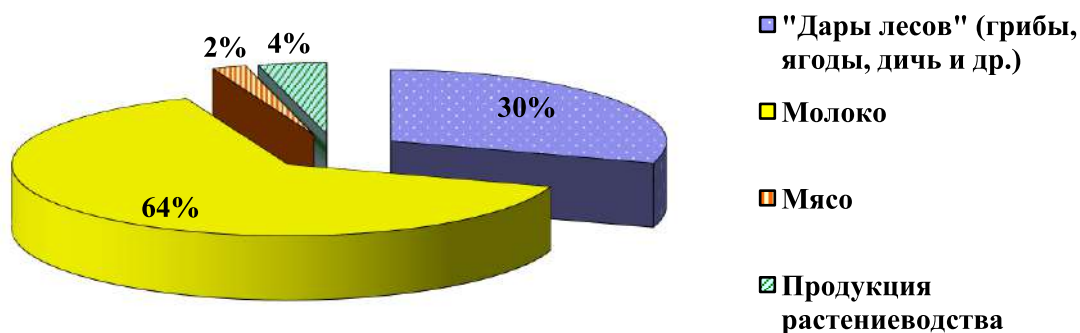


Рис. 2 – Вклад различных видов продукции в формирование эффективной эквивалентной дозы облучения населения в отдаленный период развития радиационной ситуации

В то же время радиационно-экологическая критичность молока в значительной степени может быть компенсирована внедрением комплекса противорадиационных мероприятий, направленных на получение гарантированно безопасной продукции. Так, данные, приведенные в таблице 1, показывают, что проведение агротехнических мероприятий по улучшению лугов и пастбищ с применением повышенных доз калийных удобрений способно значительно снизить содержание ^{137}Cs в молоке дойных коров. В этом случае наиболее результативным является коренное улучшение, которое обеспечивает снижение содержания радиоцезия в молоке более, чем в 5 раз. Эффективность поверхностного улучшения не превышала трех раз. Следует отметить, что с течением времени она снижалась и в более поздний период развития радиационной ситуации не превышала 2,8 раз при коренном улучшении лугов и пастбищ и 1,5 раза при поверхностном.

Высокоэффективным противорадиационным мероприятием, способным гарантированно снизить содержание ^{137}Cs в молоке, является и введение в рацион дойного стада коров премиксов с радиопротекторными свойствами или применение ферроциновых болусов. Высокая результативность этого мероприятия имело место на всех этапах развития радиационной ситуации, обеспечивая снижение удельной активности ^{137}Cs в молоке дойных коров до семи раз. Недостатком же его является то, что даже при кратковременном прекращении использования премиксов имеет место производство молока, содержание ^{137}Cs в котором превышает допустимые гигиенические нормативы.

Таблица 1 – Эффективность противорадиационных мероприятий при производстве молока

Технологические приемы		Кратность снижения удельной активности ^{137}Cs в молоке, раз
Улучшение лугов и пастбищ с применением повышенных доз калийных удобрений	поверхностное	1,5 – 3
	коренное	2,8 – 5,2
Введение в рацион премиксов с радиопротекторными свойствами (ферроцин)		3 – 7
Рациональное использование «зеленого конвейера» и раздельное складирование сена		1,5 – 2,2

Одним из наиболее эффективных и экономически оправданных противорадиационных мероприятий при разработке научно-практических подходов к возрождению молочного

животноводства в контексте минимизации доз облучения населения является рациональное использование «зеленого конвейера» и раздельное складирование сена. Базируется оно на том, что содержание ^{137}Cs в продукции животноводства, в частности в молоке, достаточно надежно прогнозируется параметрами радиоактивного загрязнения рационов. Суть его заключается в дифференцированном использовании лугов и пастбищ в зависимости от содержания в травостое при выпасе животных или заготовке сена. При скармливании кормов с известным содержанием в них ^{137}Cs используется понятие предельно допустимого содержания радионуклида в рационе (ПДР), которое определяется отношением значения допустимого уровня содержания радиоцезия в молоке к коэффициенту концентрации в рационе радионуклида, выраженное в процентах [18]. Расчет ПДР в рационе дает возможность рационально использовать имеющуюся кормовую базу подбирая состав кормов и формируя структуру рациона, а также определять направления рационального использования кормов в зависимости от вида животных, их продуктивности, направления использования молока: непосредственно в рационе питания населения или в качестве сырья для последующей переработки.

Эффективным противорадиационным мероприятием, направленным на снижение индивидуальной эффективной дозы облучения населения при разработке научно-практических подходов к возрождению молочного животноводства, является и насыщение кормовых севооборотов культурами, которые отличаются потенциально невысокой способностью накапливать радионуклиды (рис. 2).

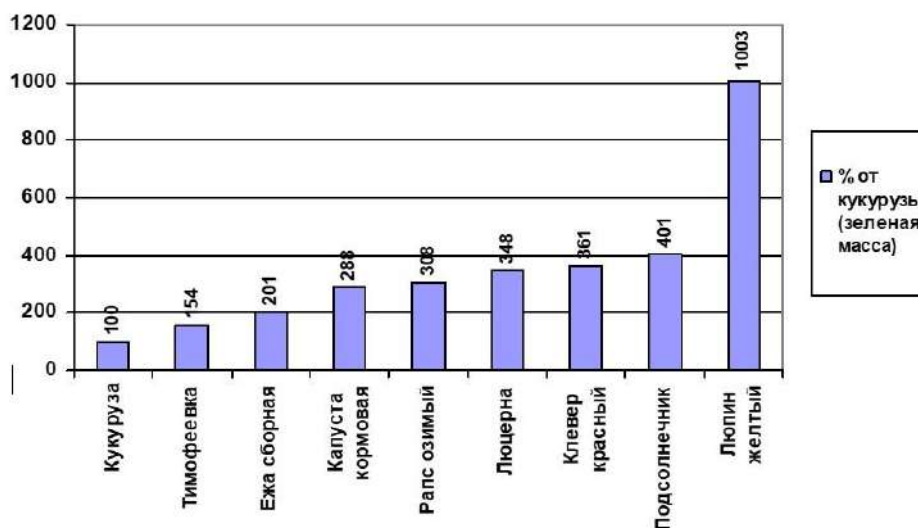


Рис. 3 – Относительная потенциальная способность группы кормовых культур к накоплению ^{137}Cs в зеленой массе, % от кукурузы

Так, по представленным на рисунке усредненным данным многолетних исследований видно, что при одинаковой плотности загрязнения почвы ^{137}Cs удельная активность зеленой массы кормовых культур может различаться более, чем в десять раз. Минимальная потенциальная способность накапливать радионуклид в зеленой массе растений характерна для кукурузы и злаковых трав (тимофеевка и ежа сборная). Группа растений, принадлежащих к семейству крестоцветных, характеризуется более высокой потенциальной способностью накапливать ^{137}Cs . Его содержание в капусте кормовой и рапсе озимом, было в 2,9-3,1 раза выше, чем в кукурузе. Более высокий коэффициент перехода ^{137}Cs был характерен и для группы кормовых трав, представленных семейством бобовых (люцерна и клевер красный). При идентичной плотности загрязнения почвы и условиях выращивания, удельная активность радионуклида здесь была в 3,5 и 3,6 раз выше, чем в зеленой массе кукурузы. Высокое потенциальное накопление радионуклида было характерным и для подсолнечника. Содержание ^{137}Cs в зеленой массе этой культуры было более чем в 4 раза выше, чем в кукурузе. Однако, наибольшей потенциальной способностью к накоплению радионуклида по отличался

люпин желтый. При одинаковых плотностях загрязнения почвы содержание ^{137}Cs в его зеленой массе было более чем в 10 раз выше, чем в зеленой массе кукурузы.

Таким образом, насыщение кормовых севооборотов растениями, которые отличаются потенциально невысокой способностью накапливать радионуклиды, является одним из наиболее эффективных противорадиационных мероприятий, способных значительно снизить дозу облучения населения в контексте возрождения молочного животноводства на загрязненной радионуклидами территории.

Заключение. Резюмируя изложенный материал, следует отметить, что в отдаленный период развития радиоэкологической ситуации после радиационных аварий и катастроф наиболее критической в радиационном отношении остается сельскохозяйственная продукция, особенно молоко, которое производится в личных подсобных хозяйствах населения. Его вклад в общую структуру формирования эффективной эквивалентной дозы облучения населения может достигать 70%. Поэтому агроэкологические аспекты минимизации доз облучения населения в контексте возрождения молочного животноводства на загрязненной радионуклидами территории, наряду с экономической обоснованностью и целесообразностью формирования высокопродуктивной отрасли сельского хозяйства, должны предусматривать производство продукции, содержание радионуклидов в которой гарантированно не превышают допустимых уровней. Одними из основных путей достижения этого является внедрение комплекса специальных противорадиационных мероприятий в организации молочного животноводства (введение в рацион премиксов с радиопротекторными свойствами, применение ферроциновых болюсов), составление и использование рационов животных, содержание радионуклидов в которых легко прогнозируется и не приведет к превышению допустимых уровней содержания ^{137}Cs в молоке, а также насыщение кормовых севооборотов культурами, которые отличаются потенциально невысокой способностью накапливать радионуклиды.

Библиография

1. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: Двадцатилетний опыт МАГАТЭ, Вена, МАГАТЭ. – 2008, STI/PUB 1239. – 199 с.
2. Дутов А.И., Булыгин С.Ю., 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. 186-190.
3. 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.
4. 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.
5. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии / EUR 16733, CG-NA-16-733-29. – С. : Luxemburg, 1998. – 66.
6. Chernobyl fallout in sizefractionated aerosol / D.T. Jost, H.W. Gaggeler, U. Baktens-perger[et al.] // Nature, 2007. – 324. – P. 22-23.
7. Российский национальный доклад «35 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986—2021/ Под общей редакцией Л.А. Большова. – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук. – М.: Академ-Принт, 2021. – 104 с.
8. Дутов А.И. Радиационно-экологические аспекты реабилитации и возможного сельскохозяйственного использования земель, отселённой после Чернобыльской катастрофы территории // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017 // Сборник статей научно-практической конференции с международным участием, Севастополь, 2018. – С. 428-434.
9. 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.
10. 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.
11. Сивинцев Ю.В. Оценка радиоактивного выброса при аварии 1986 г. на четвертом блоке Чернобыльской АЭС / Ю.В. Сивинцев, А.А. Хрулев // Атомная энергия. – 1995. – Т. 78. – Вып. 6. – С. 403-417.

12. 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. Кадигріб та ін.] – Київ. : Нічлава, 2009. – 106 с.
13. Дутов А.И., Белогурова Н.А., Хохлова Т.А. Почвенно-агрохимические аспекты критичности агроландшафтов, загрязнённых ¹³⁷Cs (на примере аварии на ЧАЭС) // Вестник кадровой политики, аграрного образования и инноваций. – Вып. № 7-9, 2018. – С. 55-59.
14. IAEA International Atomic Energy Agency. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group “Environment” (EGE). – Vienna: IAEA, 2006. – 166 p.
15. Дутов А.И., Дутов Ю.И. Эколого-правовые аспекты возможного сельскохозяйственного использования территории, отселённый 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.
16. Dutov A.I., Zuev N.P., Tkachev A.V., Breslavets A.P., and Zueva E.E. Features of the main elements of organic farming in agro-landscapes contaminated with ¹³⁷CS (on the example of the Chernobyl accident) // BIO Web of Conferences 39, 01009 (2021) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901009> MTSITVW 202.
17. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології. – Київ, 1992. – 136 с.
18. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи у віддалений період (Рекомендації). – К. : Атіка-Н, 2007. – 196 с.

References

1. Environmental consequences of the accident at the Chernobyl NPP and their overcoming: Twenty-year experience of the IAEA, Vienna, IAEA. – 2008, STI / PUB 1239. – 199 p.
2. Dutov A.I., Bulygin S.Yu., Lisetskiy F.N. Chernobyl resettlement zone: radiation-ecological aspects of the future agricultural using of the territory // Scientific Bulletin of Belgorod State University. Natural Sciences. – 2015. – No. 9 (206), issue. 31. – P. 186-190.
3. 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. – P. 11-12.
4. Izrael Yu.A., Petrov V.N., Severov D.A. Modeling of radioactive fallouts in the near zone from the Chernobyl accident // Meteorology and Hydrology. – 1987. – No. 7. – S. 8-17.
5. Atlas contamination of the Europe with cesium after the Chernobyl accident / EUR 16733, CG-NA-16-733-29. – C.: Luxemburg, 1998. – 66 p.
6. Chernobyl fallout in sizefractionated aerosol / D.T. Jost, H.W. Gaggeler, U. Baktens-perger [et al.] // Nature, 2007. – 324. – P. 22-23.
7. Russian national report “35 years of the Chernobyl accident. Results and prospects of overcoming its consequences in Russia. 1986-2021 / Under the general editorship of L.A. Bolshov. – Federal State Budgetary Institution of Science Institute for the Problems of Safe Development of Nuclear Energy of the Russian Academy of Sciences. – M.: Akadem-Print, 2021. – 104 p.
8. Dutov A.I. Radiation-ecological aspects of rehabilitation and possible agricultural use of lands resettled after the Chernobyl disaster of the territory // Ecological, industrial and energy security – 2017 // The digest of articles of Scientific and Practical conference with international participation, Sevastopol, 2018. – P. 428-434.
9. 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.
10. 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
11. Sivintsev Yu.V. Assessment of radioactive release during the 1986 accident at the fourth unit of the Chernobyl nuclear power plant / Yu.V. Sivintsev, A.A. Khrulev // Atomic Energy. – 1995. – T.78. – Issue 6. – S. 403-417.
12. Bulletin of radiation status of critical settlements in radionuclide-contaminated territories of Ukraine. Generalized data for 2004-2008 (The digest 11) / [V.O. кашпаров, С.М. Лундин, В.П. Кадигріб, О.І. Дутов et al.] – Kyiv. : Nichlava, 2009. – 106 p.
13. Dutov A.I., Belogurova N.A., Khokhlova T.A. Soil-agrochemical aspects of the criticality of agro-landscapes contaminated with ¹³⁷Cs (on the example of the Chernobyl accident) // Bulletin of personnel policy, agricultural education and innovations. – Issue. No. 7-9, 2018. – P. 55-59.
14. IAEA International Atomic Energy Agency. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group “Environment” (EGE). – Vienna : IAEA, 2006. – 166 p.
15. Dutov A.I., Dutov Yu.I. Ecological and juridical 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 region. interuniversity. scientific-practical. conf. – Voronezh GAU them. Emperor Peter I., 2019. – P. 36-39.

16. Dutov A.I., Zuev N.P., Tkachev A.V., Breslavets A.P., and Zueva E.E. Features of the main elements of organic farming in agro-landscapes contaminated with ¹³⁷CS (on the example of the Chernobyl accident) // BIO Web of Conferences 39, 01009 (2021) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901009> MTSITVW 202.

17. Methodical manual on the organization of research work in the field of agricultural radiology. – Kyiv, 1992. – 136 p.

18. Agricultural production in areas contaminated after the Chernobyl disaster in the remote period (Recommendations). – К. : Atika – N, 2007. – 196 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. +7 915-578-19-33, 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 631.4:631/635+631.6 (531)

Е.В. Ковалёва, Е.А. Дроздова, Н.А. Лопачёв, Е.Г. Котлярова, Т.С. Морозова

ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЙ ГУМУСА И КАРБОНАТОВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КАТЕН ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Аннотация. Исследования влияния возраста сельскохозяйственного освоения на топогенные сопряжения почв проводились в Белгородской области на двух ключевых участках, соответствующих широколиственно-лесному и лугово-степному зональным ландшафтам лесостепи. Работа проведена в весенне-летний период 2019 года. В агроэкосистемах важно поддерживать почвенный агроэкологический потенциал и его продуктивность, который прямым образом, влияет на развитие систем земледелия. Цель исследования заключалась в оценке влияния сельскохозяйственного освоения разных лет на свойства пахотных почв. В пределах разных режимов землепользования был выявлен отчетливый экспозиционный тренд в содержании гумуса. Как на целинных степных участках, так и на разновозрастных пашнях содержание гумуса на склонах южной экспозиции оказалось ниже, чем на склонах северной экспозиции. В отличие от степного участка, на широколиственно-лесном участке только для старовозрастной пашни было отмечено меньшее содержание гумуса на склонах южной экспозиции относительно северной. Максимальные запасы отмечены на 140-летней пашне, на фоновых степных участках и 240-летней пашне запасы гумуса приблизительно одинаковые. На лугово-степном участке в период его интенсивной аграрной освоенности происходят значительные потери содержания и запасов гумуса в верхних слоях почвы с 7,5% на фоне до 6-6,5% на 240-летней пашне. На фоне подобные пики были отмечены только в верхних слоях почвы. Анализ профильного распределения содержания карбонатов позволяет выявить тенденции радиальной миграции карбонатов при распашке разной длительности. Данные исследования можно использовать при разработке систем земледелия в процессе развития отраслей растениеводства.

Ключевые слова: пахотные земли, серые лесные почвы, чернозёмы, экспозиция склонов, динамика изменения, сельскохозяйственное освоение, почвенный профиль, катена, щелочно-кислотные условия, лугово-степной ландшафт

TRENDS OF CHANGES IN HUMUS AND CARBONATES OF DIFFERENT-AGE CATENAS OF CENTRAL FOREST-STEPPE

Abstract. Studies of the influence of the age of agricultural development on topogenic conjugations of soils were carried out in the Belgorod region on two key sites corresponding to the broad-leaved forest and meadow-steppe zone landscapes of the forest-steppe. The work was carried out in the spring-summer period of 2019. In agroecosystems, it is important to maintain soil agroecological potential and its productivity, which directly affects the development of agricultural systems. Within different land use regimes, a distinct exposition trend in humus content was revealed. Both on virgin steppe areas and on different-age arable land, the content of humus on the slopes of the southern exposition was lower than on the slopes of the northern exposition. Unlike the steppe section, on the broad-leaved forest section only for old-age arable land, a lower content of humus was noted on the slopes of the southern exposition relative to the north. Maximum reserves are noted on 140-year-old arable land, on background steppe areas and 240-year-old arable land, humus reserves are approximately the same. In the meadow-steppe area during its intensive agricultural development, significant losses of humus content and reserves in the upper layers of the soil occur from 7.5% against a background of 6-6.5% on 240-year-old arable land. Against the background, such peaks are noted only in the upper layers of the soil. Analysis of the profile distribution of carbonate content allows to identify trends of radial migration of carbonates during plowing of different duration. These studies can be used in the development of agricultural systems in the development of crop industries.

Keywords: arable land, agricultural development, blackness, dynamics of change, grey forest soils, slope exposition, soil profile, catena, alkaline-acid conditions, meadow-steppe landscape

Введение. Известно, что рельеф оказывает значительное влияние на почвообразование вследствие перераспределения веществ различными видами стока. Однако, до настоящего времени, эти явления изучены недостаточно, хотя склоны нередко занимают гораздо большие площади, нежели выровненные водоразделы.

Вопрос о различиях в увлажнении разных частей склонов рассматривался в работах многих исследователей, показавших, что влажность почвы на склонах в целом возрастает сверху вниз. Причиной увеличения влажности почвы на нижних частях склонов считается возрастание слоя стока и усиление впитывания влаги вниз по склону; при этом известно, что сплошной слой воды на поверхности почвы образуется очень редко. Как правило, вода концентрируется по микропонижениям, образуя многочисленные струи и ручейки. В местах об-

разования струй и ручейков происходит смыв и заплывание почвы, а впитывание воды здесь не усиливается, но ослабевает, или почти прекращается. Г.И. Швобс (1974) по этому поводу указывает на то, что с увеличением длины склона усиливается и степень эродированности, что приводит к снижению поглощения влаги, причем, при переходе от не смытых почв к смытым влажность почвы нередко уменьшается. Неравномерное увлажнение разных частей склона и элементов рельефа создается вследствие перераспределения по склону осадков теплого полугодия, температуры приземного слоя воздуха и почвы, неодинакового расхода влаги на испарение [6, 8, 11, 18].

Увлажнение почвы за счет летних дождей тоже неравномерно в различных местоположениях. В пределах ограниченной территории вода от дождей притекает равномерно по всей площади, но в дальнейшем происходит ее перераспределение. На вершины холмов и водоразделы вода поступает только от дождей, часть ее проникает в почву, часть стекает вниз по склонам. На склонах дождевая вода частично впитывается, частично стекает вниз (по склону), но здесь приход воды увеличивается по сравнению с вершинами и верхними частями склонов за счет воды, притекающей с вышележащих участков. Приток дополнительной влаги на склонах прямого и вогнутого профиля растет вниз по склону, достигая максимальных величин у подножий склонов и в долинах. Таким образом, перераспределение осадков в пересеченной местности является одной из причин различий во влагозапасах в почвах различных форм рельефа. Причем сток дождевых вод на склонах может иметь место при отсутствии его выровненных участков [7, 10, 17, 20].

Очень большое влияние на поглощение дождевой воды почвой склонов оказывает агротехника. Суть агротехнических мероприятий на склонах сводится к уменьшению склонового стока. Распашка поперек склона уменьшает весенний сток примерно в 3 раза по сравнению с продольной распашкой. На степень перераспределения влаги оказывают влияние экспозиция, длина и форма склонов, а также количество и интенсивность атмосферных осадков [5].

Цель настоящей работы – сравнительный анализ строения и свойств почвенных профилей, кислотно-щелочных условий на фоновых участках с естественной растительностью и на пашнях разных сроков сельскохозяйственного освоения с использованием метода агрохронорядов.

Материалы и методы исследования. В ходе проведенного исследования топогенных сопряжений почв Центральной лесостепи применялся комплекс различных методов: научно-поисковый метод, историко-картографический, полевой, методы почвенных агрохронорядов, сравнительно-географический метод.

Первый из исследуемых участков под названием «Батрацкая дача» расположен в 20 км от города Белгорода в 2 км к юго-востоку от пос. Батрацкая дача Шебекинского района Белгородской области ($50^{\circ}34'20''$ с.ш.; $36^{\circ}47'50''$ в.д.). Объекты исследования представляли собой разновозрастные пахотные участки с возрастом земледельческого освоения 100 и 160 лет соответственно. По изученным картографическим данным нами было установлено, что до начала сельскохозяйственного освоения эти участки были заняты широколиственным лесом.

Также, для изучения изменений почвы под влиянием сельскохозяйственной обработки, был исследован фоновый участок под массивом естественного широколиственного леса. Подбирались склоны, близкие по длине и форме – от ровного водораздела до местного базиса эрозии (днища балки).

Фоновый лесной участок представляет собой две катены, которые простираются вниз по склонам балки контрастных экспозиций (южной и северной). На днище балки был заложен общий разрез для двух катен. Всего было заложено по 7 разрезов на каждой катене. Максимальная крутизна склонов в трансэлювиальных позициях составляла 5-60. Участки со 100- и 160-летним земледельческим освоением изучались на удалении 1,5-2 км от фоновых катен (рис. 1).

Они представляют собой балочные склоны (участки 100-летней распашки), а также склоны увала, разделяющего две балки (участки 160-летней пашни). Крутизна поверхности на указанных участках не превышала 5-6°. Форма и длина склонной пахотных катен подби-

ралась близкой к фоновым аналогам. Всего было заложено по 6-7 разрезов на каждой пахотной катене.

Второй исследуемый ключевой участок под названием «Курасовка» (рис.1), соответствующий лугово-степному ландшафту лесостепи, расположен на пашнях юго-восточнее поселка Курасовка Ивнянского района (51003/ С.Ш. 36012/ В.Д.), а фоновые участки – в окрестностях поселков Сафоновка (510 05/ С.Ш. 360 23/ В.Д.) и Покровский того же района Белгородской области. Работа проведена в весенне-летний период 2019 года.

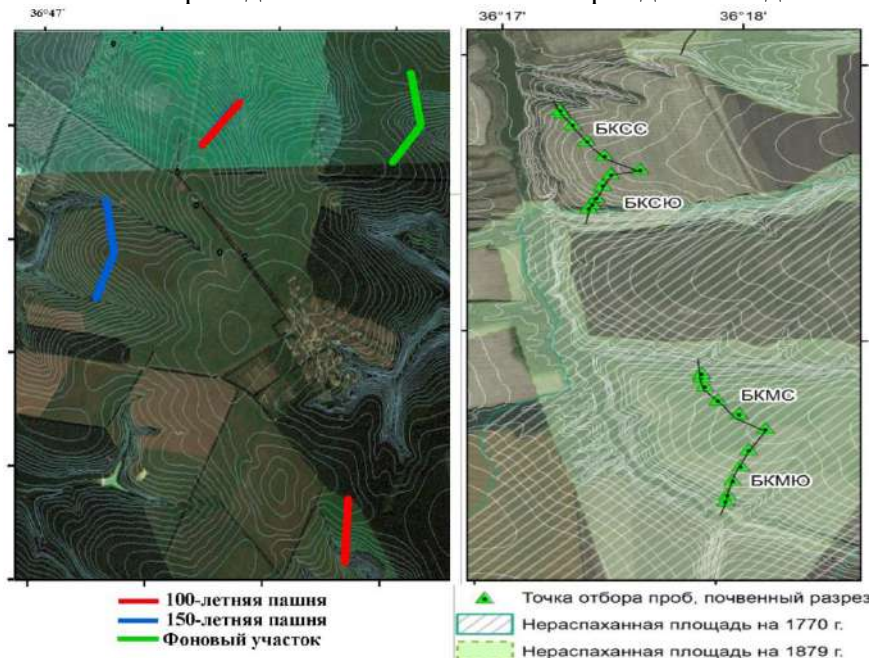


Рис. 1 – Профили катен, на которых проводились полевые исследования и космоснимок, наложенный на топографическую основу территории исследования, 2019 г. (слева расположен участок «Батрацкая дача», справа – участок «Курасовка»)

Данные участки были выбраны по аналогии с условиями выбора катен на широколиственно-лесном участке. Их поиск на территории лугово-степного ландшафта лесостепи представлял собой выявление сочетаний пахотных почв склонов южной и северной экспозиции с наиболее характерными для юга Центральной России параметрами склонов.

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 распашиваемых катен (по две полярных экспозиций на недавно освоенном (140 лет распашки) и на старопахотном (более 230 лет распашки) угодьях), 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.

Поиск фоновых катен сопровождался определенными трудностями в силу значительной освоенности территории и обнаружить нетронутые распашкой, а также другими видами хозяйственной деятельности участки почвенного покрова было непросто. Тем не менее, такие катены были выявлены в окрестностях поселков Сафоновка и Покровский.

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.

Результаты и обсуждения. Одними из важнейших характеристик почв являются запасы в них гумуса и карбонатов. Как отмечает Ю.Г. Чендев и ряд других авторов [4, 6, 9, 12, 19], эти показатели, в частности, привлекаются для обоснования трансформации серых лесных почв в черноземы под влиянием распашки.

В нашем исследовании мы также обнаружили тренды трансформации серых лесных почв в черноземы в результате паашки. Так, содержание гумуса в почвах паашен имеет более равномерное распределение с глубиной, а карбонаты залегают на более высоких уровнях и, в целом, характеризуются большим содержанием по сравнению с фоновыми почвами, что в большей степени характерно для черноземов (рис. 2, 3).

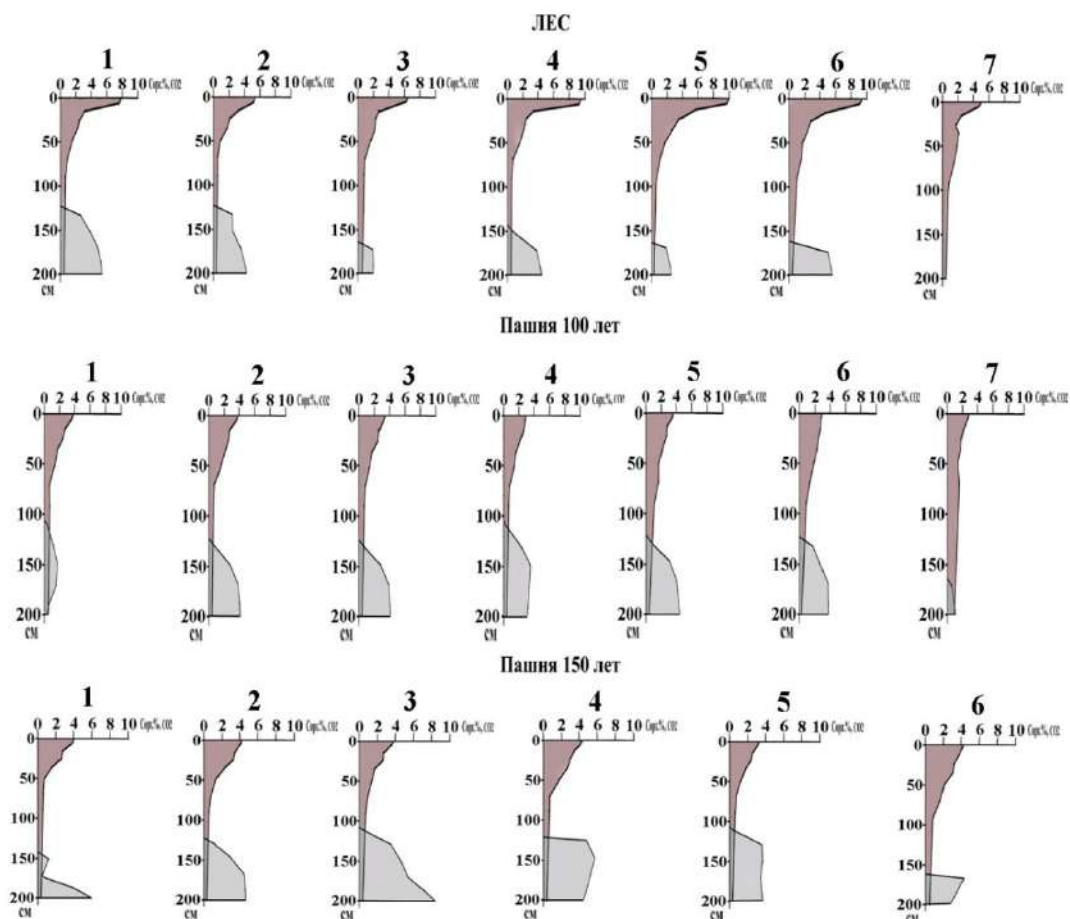


Рис. 2 – Распределение содержания гумуса и CO_2 карбонатов в почвах изученных катен северной экспозиции (Батрацкая Дача), 2019

На вертикальное распределение гумуса и карбонатов определенное значение влияние могла оказать роющая деятельность слепышей, которые перемешивают разные слои почвы, что особенно было выражено в почвах распашиваемых катен северной экспозиции. Вместе с тем, основной причиной указанных эволюционных изменений почв при распаашке, вероятно, выступает смена почвенных климатических режимов, о чем ранее уже упоминалось в литературе [8, 12].

В почвах под лесом профильное распределение гумуса носит регрессивно-аккумулятивный характер, т.е. в естественных серых лесных почвах происходит резкое снижение гумуса с глубиной. В паашных же почвах распределение гумуса с глубиной меняется на прогрессивно-аккумулятивный, что связано как с возникновением паашного горизонта, равномерно распределяющего гумус по своей толще, так и со сменой климатического режима почвообразования при замещении леса паашней [13-16].

Прослеживается тенденция улучшения гумусного состояния в подпаашной толще, что связано с образованием зон аккумуляции гумуса (до глубины 40 см). Близкие результаты

были получены Н.А. Каравановой и С.Н. Жариковой (1998) для пахотных серых лесных почв северной лесостепи [4]. Авторы объясняют улучшение гумусного состояния подпахотной части профиля нисходящей миграцией второй фракции гуминовой кислоты и роющей деятельностью землероев. Б.П. Ахтырцев и Е.В. Ефанова (1988) полагают, что накопление гумуса в подпахотных слоях серых лесных почв 70-летнего освоения в значительной степени обусловлено большей биомассой корней травянистых сельскохозяйственных культур по сравнению с биомассой корней трав в лесных сообществах [1]. Так в лесу в профиле почв средней части катены северной экспозиции содержание гумуса снижается с 10% до 2-3% через 20 см. На аграрноосвоенном участке содержание гумуса в профиле позиционного аналога фоновой почвы изменяется следующим образом: с 3-4% на поверхности до 1% на глубине 1 метр, что говорит о прогрессивно-аккумулятивном характере распределения гумуса [1].

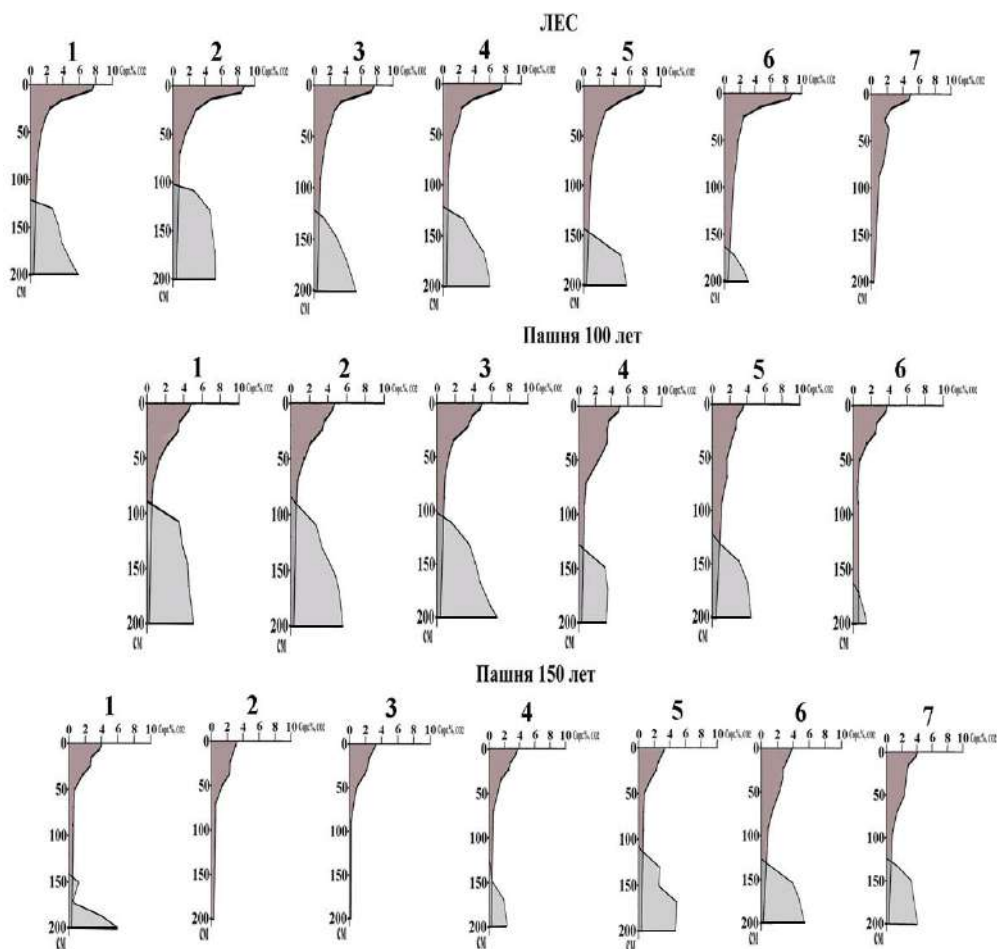


Рис. 3 – Распределение содержания гумуса и карбонатов в почвах изученных катен южной экспозиции (Батрацкая Дача), 2019

В почвах фоновых катен карбонаты появляются в нижних горизонтах - за счет исходной окарбоначенности почвообразующей породы. В большинстве случаев, карбонатами обогащается второй метр почв глубже 120 см. В фоновых почвах склона северной экспозиции отмечается более выразительное выщелачивание карбонатов в нижней части склона: в самом нижнем разрезе почв лесных катен нами вообще не были идентифицированы карбонаты до глубины двух метров.

В пахотных почвах имеет место очевидная тенденция роста аккумуляции карбонатов по сравнению с почвами лесных катен, что также свидетельствует об их проградации в агрочерноземы. Близкие результаты на других объектах лесостепи были получены Ю.Г. Чендевым и соавторами [15, 16].

Перераспределение карбонатов в исследуемых почвах (рис. 2, 3) зависит в первую очередь от положения в рельефе и от экспозиции по отношению к Солнцу. На более прогрессивно-

ваемом южном склоне при распашке происходит более выраженное подтягивание карбонатов к поверхности за счет прогрева почвы и подъема влаги с растворенными карбонатами.

На северном склоне староосвоенной пашни (рис. 2) достаточно очевидным является увеличение содержания гумуса в сравнении с почвами недавно освоенной катены. Также на этом склоне можно заметить рост содержания карбонатов, что также подтверждает гипотезу о проградации серых лесных почв в черноземы.

Анализ почв изученных катен по запасам гумуса позволяет считать, что сельскохозяйственное освоение в течение первых 100 лет распашки привело к снижению запасов почвенного органического вещества, тогда как более длительное сельскохозяйственное освоение изменило тренд данного показателя с деградационного на проградационный (рис. 4). Аналогичные результаты были получены на основании исследования почв других участков лесостепи Е.А. Заздравных [3].

На фоновом участке в приповерхностном слое зафиксировано максимальное содержание гумуса – 10%. Максимум запасов также был отмечен в почвах фоновой катены – до 477 т/га в слое 0-2 метра. При этом такое значение отмечено на днище балки, где складываются наиболее благоприятные условия для гумусонакопления, куда, в частности, гумус мигрирует (с мелкоземом) и накапливается в верхней части профиля. Аномалию в самом нижнем разрезе склона северной экспозиции пахотной катены возраста освоения 150 лет, можно объяснить только механическим привнесом гумусированных слоев почвы человеком (рис. 4).

Повышенные запасы гумуса на фоновых участках обусловлены, в первую очередь, его запасами в первых 30 см почвы. В почвах аграрноосвоенных участков самый верхний слой перепахивается и из него происходит усиленное отчуждение гумуса, поэтому гумусовый резерв почв распаханых катен в значительной степени определяется запасами органического вещества в более глуболежащих почвенных слоях. При полном анализе запасов гумуса на пахотных катенах можно увидеть, что его запасы на глубине больше чем в почвах фоновых катен, что говорит о действии фактора «проградации».

Таким образом, распределение карбонатов в профиле почв становится более контрастным. Эта общая тенденция для склонов как южных, так и северных экспозиций, может быть связана с удалением при вспахивании почвы основного количества корней травянистых растений, интенсивная десукция влаги которых приводит к поднятию карбонатных новообразований ближе к поверхности почвы. Распределение запасов гумуса в почвах изученных фоновых катен представлено на рис 5.

На почвах фоновых катен лугового-степного участка гумус распространяется по склонам иным образом. На вершине отмечается максимум запасов в 2-метровой толще (602 т/га) в почве катены северной экспозиции и 508 т/га в почве катены южной экспозиции, тогда как в нижних точках указанных катен нами был зафиксирован минимум запасов гумуса - 333 и 398 т/га соответственно. В работе А.П. Жидкина и др. авторы объясняют эту закономерность экспозиционным эффектом латеральной миграции твердой фазы почвы [2].

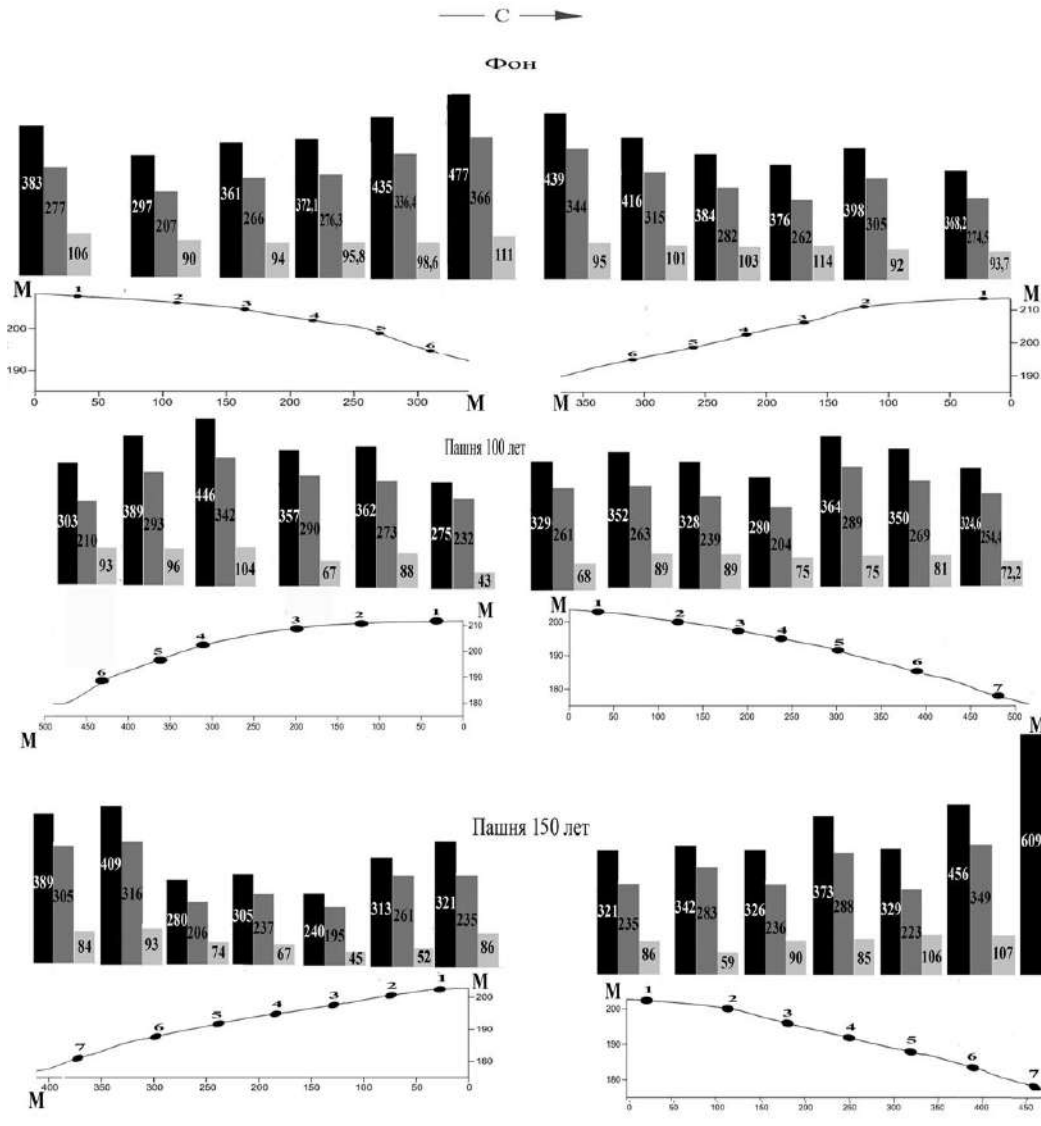


Рис. 4 – Запасы гумуса в почвах изученных катен (Батрацкая дача). Черный столбец – запасы в 2-х метровой толще, серый столбец – запасы в метровой толще, светло-серый столбец – запасы в слое 0-30 см, 2019

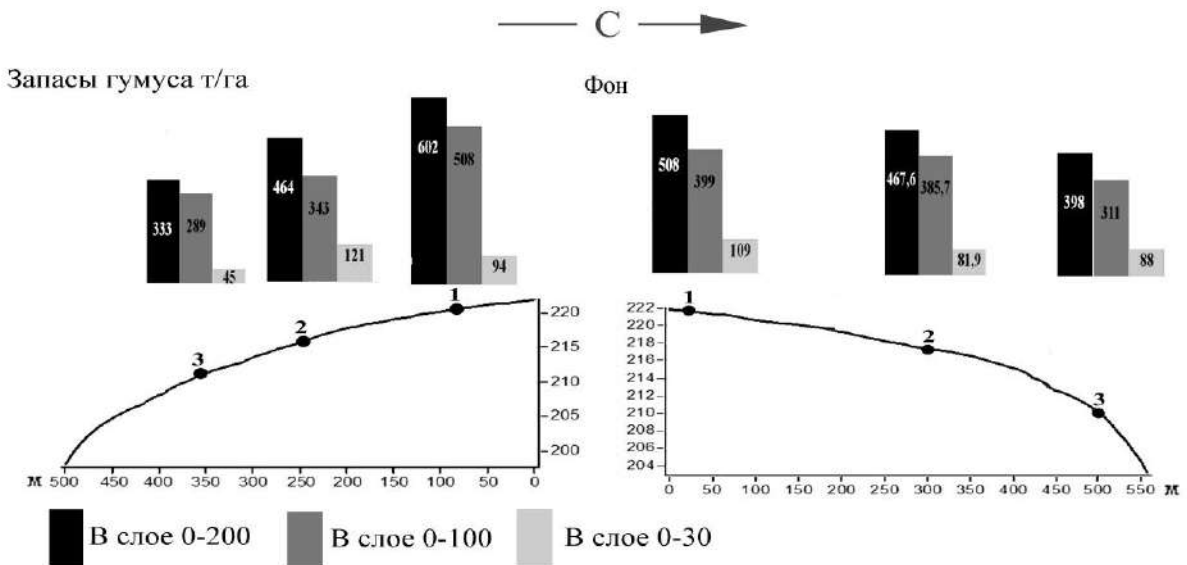


Рис. 5 – Запасы гумуса в почвах фоновых катен, 2019

Влияние распашки на запасы гумуса в почвах катен лугово-степного ландшафта представлено на рис. 6 и 7.

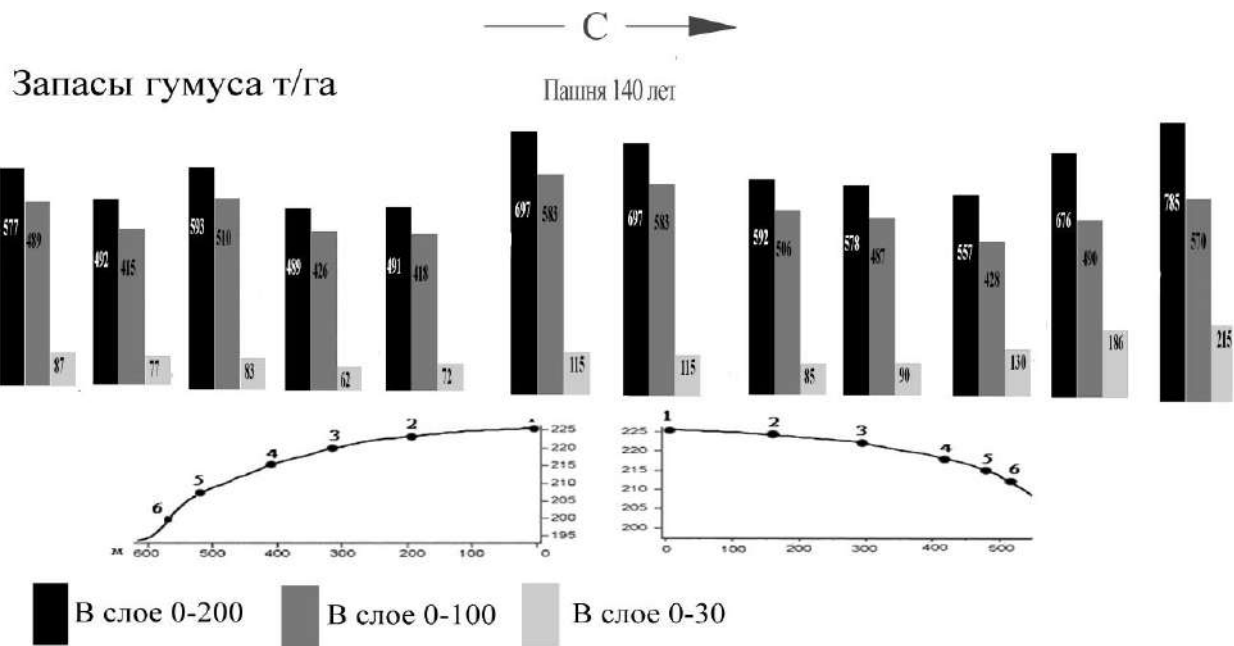


Рис. 6 – Запасы гумуса в почвах пашни 140 лет (Курасовка), 2019

В верхней части катены южной экспозиции и в средней части катены северной экспозиции на молодой пашне прослеживается снижение запасов гумуса примерно на 200 т/га в 2-метровой толще по сравнению с почвой водораздела. В катенах старовозрастной пашни убыль гумуса не настолько значительная, однако, такая тенденция также выявляется.

Указанные закономерности, в первую очередь, определяются процессами поверхностной эрозии склоновых почв и аккумуляцией сносимого сверху гумусированного материала в нижние части почвенных катен. Свидетельством этому также является обнаружение наносов гумусированного почвенного мелкозема мощностью 20-40 см, идентифицированных в профилях почв нижних звеньев, изученных катен на пашнях. Вместе с тем, при анализе распределения запасов гумуса в почвах фоновых катен, также было выявлено снижение запасов гумуса в почвах склонов по сравнению с ровными водоразделами. И это не было связано с процессами плоскостного смыва почв. Скорее всего, это связано с деятельностью землероев, которые как мы установили ранее, предпочитают северную экспозицию склонов и, в особенности, их нижние части. Именно там нами было выявлено максимальное количество слепышин. Перемешивая почву, слепыш перераспределяет гумусированное вещество.

Как отмечалось ранее (Чендев и др. 2017), в пределах лугово-степного участка в пахотных почвах склонов северной экспозиции дегумификация происходила менее интенсивно, чем в почвах склонов южной экспозиции, что объясняется меньшей интенсивностью протекания поверхностной эрозии на склонах северной экспозиции. Другой причиной этого явления представляется усиление переработки почв северных склонов слепышами, рыхлящая деятельность которых способствует переводу латерального поверхностного стока в радиальный внутрипочвенный.

Важным аспектом исследования представляется выяснение причин слитизации верхних почвенных горизонтов, обнаруженной в нижних частях почвенных катен северной экспозиции на пашнях разных сроков освоения.

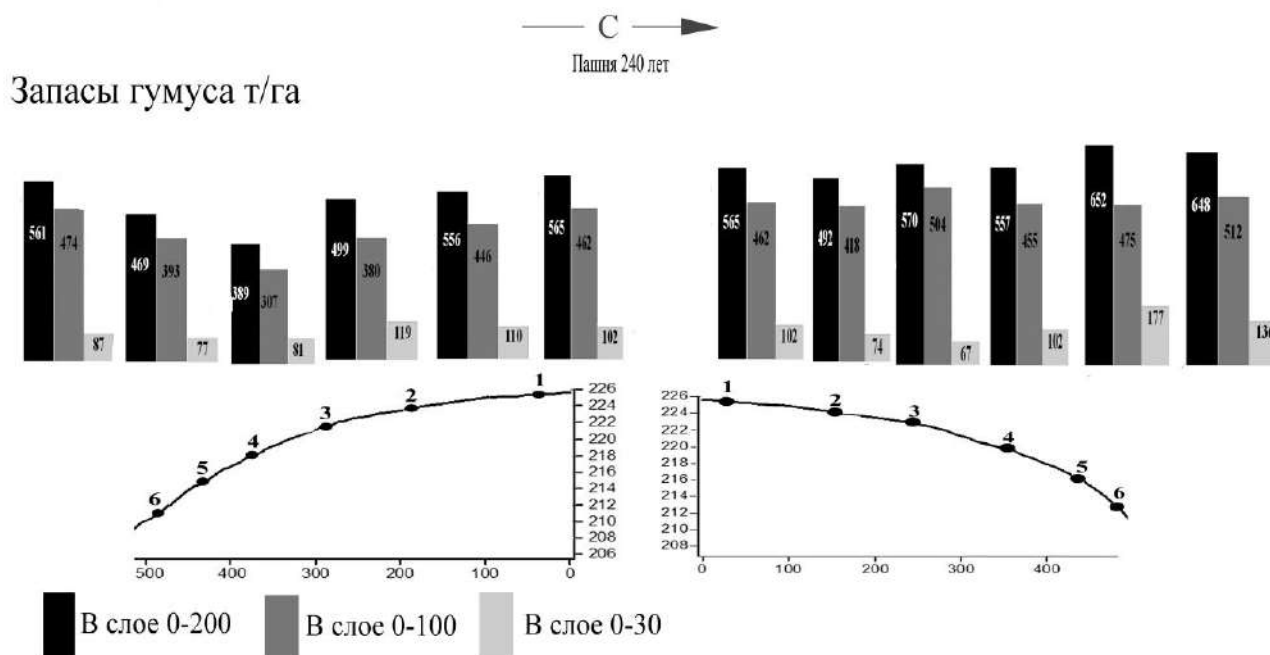


Рис. 7 – Запасы гумуса в почвах пашни 240 лет (Курасовка), 2019

Заключение. В пределах разных режимов землепользования был выявлен отчетливый экспозиционный тренд в содержании гумуса. Как на целинных степных участках, так и на разновозрастных пашнях содержание гумуса на склонах южной экспозиции оказалось ниже, чем на склонах северной экспозиции.

Отметим, что, в отличие от степного участка, на широколиственно-лесном участке только для старовозрастной пашни было отмечено меньшее содержание гумуса на склонах южной экспозиции относительно северной. При этом, на степном участке, так же, как и на широколиственно-лесном участке, не было выявлено четких направленных изменений в содержании и запасах органического углерода в результате воздействия распашки. Максимальные запасы отмечены на 140-летней пашне, на фоновых степных участках и 240-летней пашне запасы гумуса приблизительно одинаковые.

На лугово-степном участке в период его интенсивной аграрной освоенности происходят значительные потери содержания и запасов гумуса в верхних слоях почвы с 7,5% на фоне до 6-6,5% на 240-летней пашне. На фоне подобные пики отмечаются только в верхних слоях почвы. Это может быть связано с перестройкой почвы с целины на пашню, которая потом постепенно теряет свое плодородие.

Анализ профильного распределения содержания карбонатов позволяет выявить тенденции радиальной миграции карбонатов при распашке разной длительности. На почвах 140-летней распашки в сравнении с фоновыми степными почвами выявлено поднятие к поверхности основного количества вторичных карбонатов, однако сопровождающееся их выщелачиванием из верхней части профиля.

Библиография

1. Ахтырцев Б.П. Изменение свойств и плодородия темно-серых лесостепных почв юго-востока Окско-Донской низменности при интенсивном сельскохозяйственном использовании / Б.П. Ахтырцев, Е.В. Ефанова // Плодородие почв Среднерусской возвышенности лесостепи и пути его регулирования. – Воронеж. – 1988. – С. 58-66.
2. Жидкин А.П., Геннадиев А.Н., Кошовский Т.С., Чендев Ю.Г. Пространственно-временные параметры латеральной миграции твердофазного вещества почв (Белгородская область) // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2016. – № 3. – С. 9-17.
3. Заздравных Е.А. Пространственно-временные особенности трансформации пахотных почв лесостепи на юге среднерусской возвышенности: автореф. дис. канд. геогр. Наук 25.00.23 / Е.А. Заздравных, Ростов-на-Дону: 2017. – С.13-14.

4. Караваева Н.А. О проблеме окультуривания почв // Н.А. Караваева, С.Н. Жариков. – Почвоведение. – 1998. – № 11. – С. 1327-1338.
5. Каштанов, А.Н. Почвоводоохранное земледелие // А.Н. Каштанов, М.Н. Заславский. – М.: РОС-СЕЛЬХОЗИЗДАТ, 1984. – С.12-14.
6. Ковалёва Е.В. Изучение кислотно-щелочных условий разновозрастных пахотных почв ландшафтных катен Центральной лесостепи / Е.В. Ковалева, И.Ю. Вагурин, А.В. Акинчин, О.С. Кузьмина // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2021. – Т. 59, № 4. – С. 425-439. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-4-425-439>
7. Ковалёва Е.В., Вагурин И.Ю., Акинчин А.В., Кузьмина О.С., Голованова Е.В. Влияние земледельческого освоения на морфологические признаки почв Центральной лесостепи с помощью катенного подхода // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 4. – С. 188-201.
8. Ковалёва Е.В., Вагурин И.Ю., Акинчин А.В., Кузьмина О.С., Тетерядченко А.И. Изучение мощности гумусового профиля почвенных катен Центральной лесостепи // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 7. – С. 16-20.
9. Ковалёва Е.В., Вагурин И.Ю., Акинчин А.В., Кузьмина О.С. Оптимизация использования пахотных земель с учетом мониторинга топогенных сопряжений почв разных сроков земледельческого использования // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2021. – № 8 (199). – С. 591-596.
10. Огунлей К.С. Почвенно-геохимические катены юго-западных штатов Нигерии: автореф. дис. канд.с/х наук: 06.01.03 / К.С. Огунлей; М.: 2004. – 24-26 с.
11. Швец Г.И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка / Г.И. Швец. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1974. – 105 с.
12. Чендев Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене / Ю.Г. Чендев. – М. : ГЕОС, 2008. – 174 с.
13. 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.
14. Чендев Ю.Г. Антропогенная эволюция серых лесостепных почв южной части Среднерусской возвышенности // Чендев Ю.Г., Александровский А.Л., Хохлова О.С., Смирнова Л.Г., Новых Л.Л., Долгих А.В. – Почвоведение. – 2011. – № 1. – С. 3-15.
15. Чендев Ю.Г. Эволюция автоморфных серых лесных почв лесостепи в результате распашки // Чендев Ю.Г., Александровский А.Л., Хохлова О.С., Заздравных Е.А. Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А.Глазовской). Доклады Всероссийской научной конференции. Москва, 4-6 апреля 2012 г. М.: Географический факультет МГУ
16. Чендев Ю.Г. Голоценовые сигналы гумидизации климата в профилях разновозрастных черноземов центра Восточной Европы // Чендев Ю.Г., Петин А.Н., Березуцкий В.Д., Долгих А.В. / серии естественные науки. (Ростов-на-Дону). – 2016. – № 3. – С.100-109.
17. Harrison R.N., Paul W.F., Strahm B.D. Deep soil horizon: contribution and importance to soil carbon pools and in assessing whole-ecosystem response to management and global change // *Forest Science*, 2011, V. 57, pp. 67-76.
18. Kovalyova E. Study of thickness of humus profiles of gray forest and chernozem soils of different terms of agricultural use in landscape shrubs of the central forest-steppe / E. Kovalyova, E. Kotlyarova, O. Kuzmina, Y. Breslavets, A. Teteryadchenko // *BIO Web of Conferences*. – 2021. – 39.01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901006>
19. Kovalyova E. Distribution of silty fraction and slurry by profile of arable soils of the central forest-steppe / E. Kovalyova, E. Kotlyarova, S. Linkov, O. Kuzmina // *BIO Web of Conferences*. – 2021. – 39.01007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901007>
20. Jobbagy E.G., Jackson R.B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation // *Ecological applications*, 2000, V.10, pp. 423-436.

References

1. Akhtyrsev, B.P. Change in the properties and fertility of dark gray forest-steppe soils of the southeast of the Oksko-Don lowland with intensive agricultural use / B.P. Akhtyrsev, E.V. Efanova // *Soil fertility of the Central Russian Upland forest-steppe and ways to regulate it. Voronezh*. 1988. pp. 58-66.
2. Zhidkin A.P., Gennadiyev A.N., Koshovsky T.S., Chendev Yu.G. Spatial-temporal parameters of lateral migration of solid-phase soil matter (Belgorod region) // *Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography*. 2016. № 3. pp. 9-17.
3. Zdravnykh, E.A. Spatio-temporal features of the transformation of arable soils of the forest-steppe in the south of the Central Russian Upland: autoref. diss. candidate geogre. Sciences 25.00.23 / E.A. Zdravnykh, *Rostov-on-Don*: 2017. 13-14 p.
4. Karavaeva, N.A. On the problem of soil cultivation // N.A. Karavaeva, S.N. Zharikov. *Soil science*. 1998. № 11. pp. 1327-1338.

5. Kashtanov, A.N. Soil protection agriculture // A.N. Kashtanov, M.N. Zaslavsky. – M.: ROSSELKHOZIZDAT, 1984. 12-14 p.
6. Kovaleva E.V. Study of acid-alkaline conditions of different-age arable soils of landscape catens of the Central forest-steppe / E.V. Kovaleva, I.Yu. Vagurin, A.V. Akinchin O.S. Kuzmina // Weight. Natz. Academy of Sciences of Belarus. Ser. agrarian. science. – 2021. – T. 59, No. 4. – Page 425-439. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-4-425-439>
7. Kovaleva E.V., Vagurin I.Yu., Akinchin A.V., Kuzmina O.S., Golovanova E.V. The influence of agricultural development on the morphological features of the soils of the Central forest-steppe using a rolled approach // Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. – 2020. – № 4. – S. 188-201.
8. Kovaleva E.V., Vagurin I.Yu., Akinchin A.V., Kuzmina O.S., Teteryadchenko A.I. Study of the power of the humus profile of the soil catens of the central forest-steppe//Agrarian scientific journal. – 2021. – NO. 7. – S. 16-20.
9. Kovaleva E.V., Vagurin I.Yu., Akinchin A.V., Kuzmina O.S. Optimization of the use of arable land taking into account the monitoring of topogenic soil conjugations of different terms of agricultural use // Land management, cadastre and land monitoring. – 2021. – № 8 (199). – S. 591-596.
10. Kovalyova E. Study of thickness of humus profiles of gray forest and chernozem soils of different terms of agricultural use in landscape shrubs of the central forest-steppe / E. Kovalyova, E. Kotlyarova, O. Kuzmina, Y. Breslavets, A. Teteryadchenko // BIO Web of Conferences. – 2021. – 39.01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901006>
11. Kovalyova E. Distribution of silty fraction and slurry by profile of arable soils of the central forest-steppe / E. Kovalyova, E. Kotlyarova, S. Linkov, O. Kuzmina // BIO Web of Conferences. – 2021. – 39.01007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901007>
12. Ogunleye K.S. Soil-geochemical catens of the southwestern states of Nigeria: autoref. diss. candidate/x sciences: 06.01.03 / K.S. Ogunleye; M. : 2004. 24-26 p.
13. Schwebs, G.I. Formation of water erosion of sediment runoff and their assessment / G.I. Schwebs. – Leningrad: Hydrometeoisdat, 1974. – 105 p.
14. Chendev, Yu.G. Evolution of forest-steppe soils of the Central Russian Upland in the Holocene / Yu.G. Chendev. – M.: GEOS, 2008. – 174 p.
15. 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. pp. 274-280.
16. Chendev Yu.G. Anthropogenic evolution of gray forest-steppe soils of the southern part of the Central Russian Upland // Chendev Yu.G., Aleksandrovsky A.L., Khokhlova O.S., Smirnova L.G., New L.L., Long A.V. *Soil science*. 2011. № 1. pp.3-15.
17. Chendev Yu.G. Evolution of automorphic gray forest soils of the forest-steppe as a result of plowing // Chendev Yu.G., Aleksandrovsky A.L., Khokhlova O.S., Zazdravnykh E.A. Geochemistry of landscapes and soil geography (on the 100th anniversary of M.A. Glazovskaya). Reports of the All-Russian Scientific Conference. Moscow, April 4-6, 2012 M.: *Faculty of Geography of Moscow State University*
18. Chendev Yu.G. Holocene signals of climate humidization in profiles of different-age chernozems of the center of Eastern Europe // Chendev Yu.G., Petin A.N., Berezutsky V.D., Dolgikh A.V. / *Series natural sciences. (Rostov-on-Don)*. 2016. № 3. pp.100-109.
19. Harrison R.N., Paul W.F., Strahm B.D. Deep soil horizon: contribution and importance to soil carbon pools and in assessing whole-ecosystem response to management and global change // *Forest Science*, 2011, V.57, pp. 67-76.
20. Jobbagy E.G., Jackson R.B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation // *Ecological applications*, 2000, V.10, pp. 423-436.

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.+79045324673, e-mail: elaserikova@yandex.ru

Дроздова Екатерина Артуровна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО НИУ Белгородский университет, 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

Котлярова Екатерина Геннадьевна, 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.+79065674459, e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

Морозова Тамара Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавило-

ва, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+79511328879, e-mail: Morozova_TS@bsu.edu.ru

Information about authors

Kovalyova Elena Vladimirovna, candidate of geographical sciences, associate professor 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. + 79045324673, e-mail: elerikova@yandex.ru

Drozdova Ekaterina Arturovna, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of Geography, Geoecology and Life Safety «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

Kotlyarova Ekaterina Gennadyevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor 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. + 79065674459, e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

Morozova Tamara Sergeevna, Kotlyarova Ekaterina Gennadyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Professor 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. + 79511328879, e-mail: Morozova_TS@bsu.edu.ru

УДК 635.655:631.526.32:631.543.81

Т.В. Леухина, С.В. Резвякова

ОЦЕНКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НОВЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СХЕМ ПОСЕВА

Аннотация. Цель исследования: изучить влияние различных схем посева на морфологические показатели новых перспективных линий сои. Исследования проводились на экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ЗБК. В качестве объекта исследования были использованы новые перспективные индетерминантные и детерминантные линии сои СГ 3, СГ 57; схемы посева с шириной междурядий 15 и 45 см при норме высева 600 тыс. всхожих семян на 1 га. Повторность опыта 4-х кратная. Посев сои был осуществлен во вторую декаду мая. Для изучения морфологических особенностей растений сои в фазы бутонизации и плодообразования-налив бобов проводился отбор проб. Более ранние массовые всходы были зафиксированы у линий СГ 3 и СГ 57 в вариантах с шириной междурядий 45 см. Отмечено, что при рядовом способе посева у обеих линий происходит увеличение значений основных показателей азотфиксирующей способности растений: количества клубеньков и их сухой массы. На повышение показателей надземной массы повлиял преимущественно широкорядный способ посева. В варианте с шириной междурядий 15 см у линий СГ 3 и СГ 57 в обе вегетационные фазы увеличивалось количество и масса клубеньков. Большинство показателей надземной массы растений в обеих фазах были выше преимущественно при ширине междурядий 45 см (кроме значения количества листьев у СГ 3 в начальный период, которое было выше при рядовом способе посева на 18,0%). При широкорядном посеве у обеих линий отмечалось увеличение содержания сухой массы по отношению к рядовому посеву на 12,97-30,47%.

Ключевые слова: соя, сорт, схема посева, ширина междурядий, элементы агротехнологии, морфологические показатели, сельское хозяйство.

ASSESSMENT OF MORPHOLOGICAL INDICATORS OF NEW PROMISING SOYBEAN LINES DEPENDING ON SOWING SCHEMES

Abstract. The purpose of the study: to study the influence of various sowing schemes on the morphological parameters of new promising soybean lines. The research was carried out on the experimental basis of the FSBI FNC ZBK. As an object of research, new promising indeterminate and determinant soybean lines SG 3, SG 57 were used; sowing schemes with row spacing width of 15 and 45 cm at a seeding rate of 600 thousand germinating seeds per 1 ha. The repetition of the experience is 4-fold. Soybean sowing was carried out in the second decade of May. To study the morphological features of soybean plants in the phases of budding and fruiting-filling of beans, sampling was carried out. Earlier mass shoots were recorded at the SG 3 and SG 57 lines in variants with a row spacing width of 45 cm. It is noted that with the ordinary method of sowing, both lines have an increase in the values of the main indicators of the nitrogen-fixing ability of plants: the number of nodules and their dry weight. The increase in the above-ground mass indicators was mainly influenced by the wide-row method of sowing. In the variant with a row spacing width of 15 cm, the number and mass of nodules increased in the SG 3 and SG 57 lines in both vegetation phases. Most indicators of the aboveground mass of plants in both phases were higher mainly with the width of the aisle

Keywords: soybean, variety, seeding scheme, row spacing, elements of agrotechnology, morphological indicators, agriculture

Введение. В настоящее время соя самая распространенная в мире зернобобовая масличная культура. В мировом земледелии по объемам производства среди растений сельскохозяйственного использования соя занимает четвертое место после пшеницы, кукурузы и риса и первое среди зернобобовых и масличных культур [1].

Широкому распространению в России такой культуры как соя способствовало, во-первых, восполнение дефицита белка в рамках реализации Доктрины продовольственной безопасности; во-вторых, на сегодняшний момент соевый белок является самым дешевым среди растительных белков; в-третьих, соя является ценной культурой для мясо-молочной отрасли; в-четвертых, изолят и концентрат соевого белка активно используется в мясоперерабатывающей отрасли [2]. Однако урожайность сои пока далека от потенциально возможной, особенно на Дальнем Востоке [3].

Важным параметром для повышения урожайности сои является не только отбор селекционерами наиболее адаптивного для конкретных природно-климатических условий селекционного материала, но и правильный выбор способов возделывания с учетом биологи-

ческих особенностей сорта. В этой связи возникает необходимость разработки энергетически и экономически выгодных способов повышения продуктивности культуры на основе использования ресурсосберегающих агротехнических приемов возделывания [4, 6, 7, 8, 9]. К таким приемам, оказывающим существенное влияние на рост, развитие и, следовательно, формирование урожайности сои, относится схема посева, то есть оптимальное размещение семян в почве с определенным доступом к ним воздуха, влаги и питательных веществ.

Однако вопрос о лучших способах посева сои в различных почвенно-климатических зонах остался неразрешенным. Это является следствием различных природных и агротехнических условий, а также, сортового состава.

Цель исследования: изучить влияние различных схем посева на морфологические показатели новых перспективных линий сои.

Материалы и методы.

Исследования проводились на экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ЗБК. В качестве объекта исследования были использованы новые перспективные линии сои СГ 3, СГ 57; схемы посева с шириной междурядий 15 и 45 см при норме высева 600 тыс. всхожих семян на 1 га. Повторность опыта 4-х кратная. Закладка опыта проведена по Методике полевого опыта Б.А. Доспехова [5]. Посев сои был осуществлен во вторую декаду мая. Для изучения морфологических особенностей растений сои в фазы бутонизации и плодообразования-налив бобов проводился отбор проб.

В течение вегетации складывались следующие погодные условия (рис. 1).

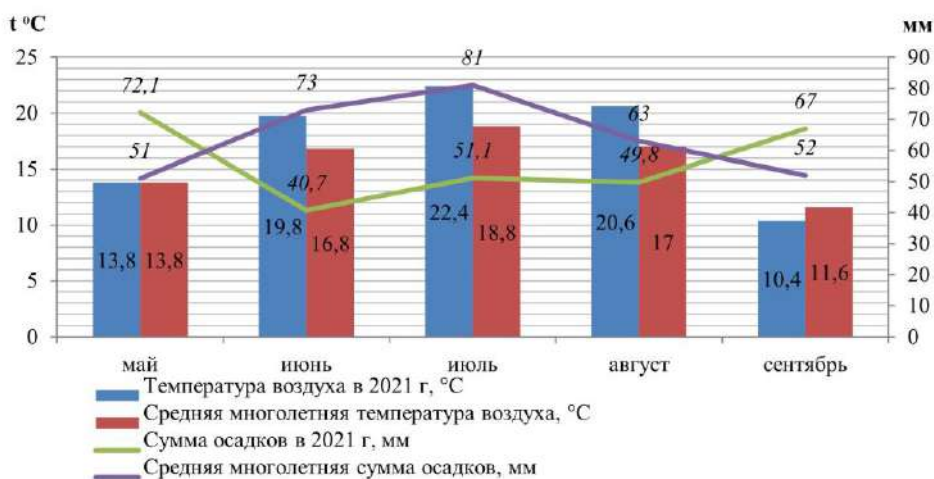


Рис. 1 – Метеорологические данные периода вегетации сои 2021 г, Орел

Температура 13,8°C в мае обеспечила посев в оптимальные сроки, количество осадков превышало средние многолетние показатели на 21,1 мм.

Вегетационный период характеризовался температурой выше среднемноголетней на 3-4,4°C. Среднесуточная температура в период бутонизации-цветения сои (3 декада июня – июль) обеспечила оптимальные условия для плодообразования. Значительные отклонения суммы осадков в исследуемый период от среднемноголетних данных на 13,2-40,7 мм растянули вегетационный период. Однако достаточное количество осадков и тепла в августе благоприятно повлияло на растения сои в фазы налива бобов и созревания.

Результаты и обсуждение.

Всхожесть семян является очень важным показателем, отражающим способность семенной массы давать здоровые и полноценные проростки в заранее отведенные для этого сроки и в определенных условиях [6]. Полевая всхожесть семян существенно зависит от агротехнических приёмов, к которым относится и ширина междурядий. Более ранние массовые всходы были зафиксированы у линий СГ 3 и СГ 57 в вариантах с шириной междурядий 45 см (рис. 2).

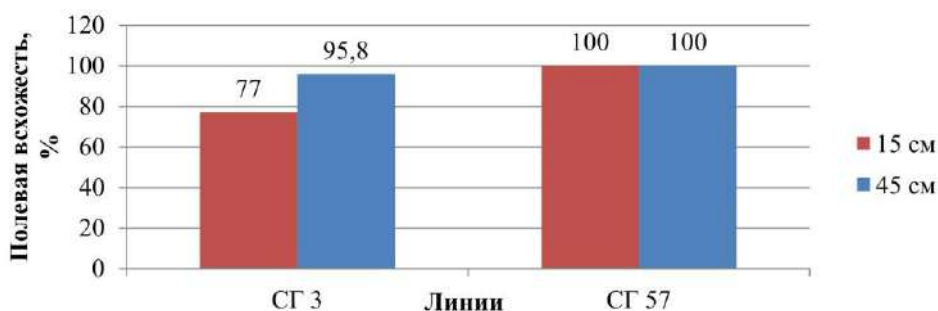


Рис. 2 – Полевая всхожесть растений сои в зависимости от вариантов.

В таблице 1 представлены данные по изучению влияния разных схем посева на морфологические показатели сортов сои в период бутонизации-начала цветения.

Таблица 1 – Влияние схемы посева на морфологические показатели растений сои (бутонизация-начало цветения)

Вариант	Длина стебля, см	Количество листьев, шт.	Длина корня, см	Число клубеньков, шт./1 раст.	Сухая масса клубеньков, мг
СГ 3 (индетерминант)					
15	29,40	5,00	23,00	14,50	13,48
45	30,10	4,10	27,60	7,30	7,55
СГ 57 (детерминант)					
15	34,40	4,20	23,20	17,70	20,81
45	34,80	4,10	27,10	7,70	8,50
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_T$	0,43	3,10	3,43	3,24

Увеличение количества листьев до определенного оптимума благоприятно для органического питания растений. При ширине междурядий 15 см наблюдалось увеличение количества листьев у линии СГ 3 (на 18,0%), а также основных показателей азотфиксирующей способности растений у линий СГ 3 и СГ 57: числа клубеньков (на 49,65% и 56,49% соответственно) и их сухой массы (на 43,99% и 59,15%).

Однако, наибольшие значения показателей длины корня у обеих линий фиксировались в варианте с междурядьями 45 см, превышая вариант с междурядьями 15 см на 14,39-16,6%.

Показатель длины стебля у линий СГ 3 и СГ 57 не имели существенных различий в зависимости от вариантов.

Анализ влияния схем посева на морфологические признаки растений сои в период плодообразования показал, что значения основных показателей азотфиксирующей способности растений, такие как количество клубеньков и их сухая масса в варианте с междурядьями шириной 15 см, имели те же тенденции, что и в период бутонизации, то есть превышали значения, полученные в опытном варианте, где ширина междурядий составляла 45 см (табл. 2).

Показатели количества листьев и бобов у обеих линий при широкорядном способе посева превышали вариант с рядовым способом на 5,11-19,32%, однако с учетом НСР эта разница была несущественна.

Таблица 2 – Влияние схемы посева на морфологические показатели растений сои (плодообразование-налив бобов)

Вариант	Длина стебля, см	Количество, шт.		Длина корня, см	Число клубеньков, шт./раст.	Сухая масса клубеньков, мг
		листьев	бобов			
СГ 3 (индетерминант)						
15	128,70	13,00	18,70	22,80	16,10	55,46
45	127,50	13,70	22,00	26,80	8,10	21,94
СГ 57 (детерминант)						
15	91,40	9,60	34,80	25,50	22,90	63,17
45	92,10	11,90	37,70	24,20	14,00	32,94
НСР ₀₅	0,56	2,54	4,74	5,66	4,20	12,92

В период бутонизации широкорядный способ посева существенно не повлиял на увеличение сухого вещества растений у СГ 57, кроме СГ 3, накопившей максимальное количество вещества при рядовом посеве (3,97 г) (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние схемы посева на накопление сырой и сухой массы вещества растений сои (бутонизация-начало цветение)

Вариант	Сырая масса 1 растения, г		Сухая масса 1 растения, г	
	СГ 3 (индетерминант)	СГ 57 (детерминант)	СГ 3 (индетерминант)	СГ 57 (детерминант)
15	18,66	14,15	3,97	3,19
45	13,52	14,08	3,08	3,20
НСР ₀₅	3,21	F _φ <F _T	0,48	F _φ <F _T

Благоприятные погодные условия в период плодообразования помогли растениям сои набрать оптимум сырой массы, что повлияло на морфофизиологические показатели (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние схемы посева на накопление сырой и сухой массы вещества растений сои (плодообразование-налив бобов)

Вариант	Сырая масса 1 растения, г		Сухая масса 1 растения, г	
	СГ 3 (индетерминант)	СГ 57 (детерминант)	СГ 3 (индетерминант)	СГ 57 (детерминант)
15	61,11	89,81	25,69	17,17
45	89,82	94,05	29,52	24,78
НСР ₀₅	6,58	3,22	2,87	3,64

На данном этапе развития накопление сухого вещества проходило интенсивнее в варианте с шириной междурядий 45 см у обеих линий, сухая масса превышала полученные результаты в варианте с шириной междурядий 15 см на 12,97-30,71%.

Заключение. Комплексная оценка результатов анализов, проведенных в разные фазы вегетации растений сои, позволяет сделать следующие выводы:

1. В варианте с шириной междурядий 15 см у линий СГ 3 и СГ 57 в обе вегетационные фазы увеличивалось количество и масса клубеньков.

2. Большинство показателей надземной массы растений в обеих фазах были выше преимущественно при ширине междурядий 45 см (кроме значения количества листьев у СГ 3 в начальный период, которое было выше при рядовом способе посева на 18,0%). При ширококорядном посеве у обеих линий отмечалось увеличение содержания сухой массы по отношению к рядовому посеву на 12,97-30,47%.

Библиография

1. Головина Е.В., Зотиков В.И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ. Орел : изд-во «Картуш», 2019. 320 с.
2. Панарина В.И. Соя в России: современное положение на рынке // Материалы 11-ой Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. 2021. С. 287-291.
3. Клыков А.Г., Ким И.В. Современное состояние и пути инновационного развития аграрной науки на Дальнем Востоке // Вестник ДВО РАН. 2017. № 3. С. 5-14.
4. Шабалдас О.Г., Агафонов О.М. Рекомендации по применению микробиологических препаратов и регуляторов роста при возделывании сои в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края. Армавир: АОС ВНИИМК, 2016. 44 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): стереотип.изд., перепечатанное с 5-го изд., доп. и перераб. М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Леухина О.В. Дмитриева В.Д., Панарина В.И. Оценка отзывчивости различных сортов сои на применение биопрепаратов «Биотерра» Энергия роста и «Гумистим» // Сборник материалов 11-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур. Краснодар, 2021. С. 195-200.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.
8. Демидова А.Г. Влияние агротехнических приемов на формирование элементов структуры продуктивности сортов сои [Текст] / А.Г. Демидова, А.А. Муравьев // Материалы международной научно-

практической конференции Проблемы и решения современной аграрной экономики. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2017. – С. 147-148.

9. Муравьев А.А. Результаты сравнительного изучения сортов сои белгородской селекции в условиях Белгородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований: электронный научный журнал. 2017. № 10-1. [Электронный ресурс]. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11873> (дата обращения: 14.02.2018).

References

1. Golovina E.V., Zotikov V.I. Production process and adaptive reactions to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype in the conditions of the Central Chernozem region of the Russian Federation. Eagle: publishing house "Cartouche", 2019. 320 p.

2. Panarina V.I. Soy in Russia: the current situation on the market // proceedings of the 11th all-Russian conference of young scientists and specialists, FEDERAL state budgetary scientific institution Federal scientific center of VNIIMK. 2021. P. 287-291.

3. Fangs A.G., Kim I.V. Modern state and ways of innovative development of agrarian science in the far East // Vestnik DVO ran. 2017. No. 3. S. 5-14.

4. Sebaldu O.G., Agafonov O.M. Recommendations for the application of microbiological preparations and growth regulators in the cultivation of soybeans in the zone of unstable moistening of the Krasnodar territory. Armavir: AOS VNIIMK, 2016. 44 p.

5. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): stereotype.ed., reprinted from the 5th ed., supplement and reprint M. : Alliance, 2014. 351 p.

6. Leukhina O.V. Dmitrieva V.D., Panarina V.I. Evaluation of the responsiveness of various soybean varieties to the use of Bioterra Growth Energy and Gumistim biological products // Collection of materials of the 11th All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists "Topical issues of biology, breeding, technology of cultivation and processing of agricultural crops. Krasnodar, 2021. pp. 195-200.

7. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik and others – Belgorod: Ed. Constant, 2014. – 462 p.

8. Demidova A.G. The influence of agrotechnical methods on the formation of elements of the structure of productivity of soybean varieties [Text] / A.G. Demidova, A.A. Muravyov // Materials of the international scientific-practical conference Problems and solutions of the modern agrarian economy – Belgorod : Belgorod State Agrarian University, 2017. – p. 147-148.

9. Muravyov A.A. Results of a comparative study of soybean varieties of Belgorod breeding in the conditions of the Belgorod region // International Journal of Applied and Fundamental Research: electronic scientific journal. 2017. No. 10-1. [Electronic resource]. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11873> (date of access: 02/14/2018).

Результаты исследований, представленные в статье, получены в рамках гранта в форме субсидии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации России (№ 09.ССЦ.21.0013).

Сведения об авторах

Леухина Татьяна Витальевна, научный сотрудник, аспирант ФГБНУ ФНИЦ «Зернобобовых и крупяных культур», ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина ул., 69, г. Орёл, Орловская область, Россия, 302019, E-mail: tanya_leukhina@mail.ru

Резвякова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина ул., 69, г. Орёл, Орловская область, Россия, 302019, iana8545@yandex.ru

Information about authors

Leukhina Tatyana Vitalievna, Research Fellow, Postgraduate Student FSBSI Federal Research Center “Grain legumes and cereals”, FSBEI HE Oryol State Agrarian University N.V. Parakhina, st. Generala Rodina st., 69, Oryol, Oryol region, Russia, 302019, E-mail: tanya_leukhina@mail.ru

Rezvyakova Svetlana Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Plant Protection and Ecotoxicology, Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina, st. Generala Rodina st., 69, Oryol, Oryol region, Russia, 302019, iana8545@yandex.ru

УДК 633.85:664.72(470.325)

Н.А. Сидельникова, В.В. Смирнова, Л.В. Шеховцова

ПРОИЗВОДСТВО И ХРАНЕНИЕ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье приведены данные о производстве и технологии хранения масличных культур в Белгородской области. Проведен анализ качества семян подсолнечника и сои. Изучение показателей качества и условий его хранения позволит определить режимы и способы хранения подсолнечника и сои для конкретного целевого использования полученного урожая.

В результате наших исследований установлено, что при несоблюдении требуемой температуры и влажности при хранении, негативным изменениям подвергаются жиры и белки семян сои и подсолнечника. Необходимо соблюдать все технологические операции своевременно, при этом поддерживать оптимальную влажность и температуру на каждом этапе послеуборочной обработки.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать хранить семена масличных культур хранить в таре, так как естественная убыль сокращается почти в 2 раза. Естественная убыль при хранении подсолнечника насыпью, увеличивалась в зависимости от срока хранения. Так, после хранения семян подсолнечника естественная убыль составляла 0,07%, через 6 месяцев она увеличилась на 14%, а через 12 месяцев естественная убыль составила 0,12%. При хранении подсолнечника в таре естественная убыль сокращается до 0,11% при хранении его до 3-х месяцев; 0,15 от 5 до 6-ти месяцев и 0,20% при хранении до года. Аналогичные данные получены нами при расчете ЕУ для семян сои. По сравнению с подсолнечником нами определено, что при расчете естественная убыль сои была ниже. Так, при хранении ее до 3-х месяцев насыпью она составляла лишь 0,07%, до 6-ти месяцев – 0,08%, до 12 месяцев – 0,12%, а при хранении в таре и вовсе уменьшилась до 0,04%. Нормы зависят от вида, способа и срока (3, 6 месяцев и 1 год) хранения семян масличных культур.

Ключевые слова: семена подсолнечник, соя, естественная убыль, влажность, способы, хранение.

PRODUCTION AND STORAGE OF OILSEEDS IN THE BELGOROD REGION

Abstract. The article presents data on the production and storage technology of oilseeds in the Belgorod region. The analysis of the quality of sunflower seeds and soybeans was carried out. The study of quality indicators and conditions of its storage will allow determining the modes and methods of storing sunflower and soybeans for a specific target use of the resulting crop.

As a result of our research, it was found that if the required temperature and humidity are not observed during storage, fats and proteins of soybean and sunflower seeds undergo negative changes. 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.

Based on the studies conducted, it can be recommended to store the seeds of oilseeds in a container, since the natural loss is reduced by almost 2 times. The natural loss during the storage of sunflower in bulk increased depending on the shelf life. So, after storing sunflower seeds, the natural loss was 0.07%, after 6 months it increased by 14%, and after 12 months the natural loss was 0.12%. When storing sunflower in a container, the natural loss is reduced to 0.11% when storing it for up to 3 months; 0.15 from 5 to 6 months and 0.20% when stored for up to a year. Similar data were obtained by us when calculating the EU for soybean seeds. Compared with sunflower, we determined that when calculating the natural loss of soybeans was lower. So, when stored in bulk for up to 3 months, it was only 0.07%, up to 6 months - 0.08%, up to 12 months - 0.12%, and when stored in a container, it decreased to 0.04% at all. The norms depend on the type, method and period (3, 6 months and 1 year) of storage of oilseeds.

Keywords: sunflower seeds, soy, natural loss, humidity, methods, storage.

Введение. В Белгородской области масличные культуры имеют большое значение в агропромышленном комплексе. Семена масличных культур имеют уникальный химический состав. В них содержатся в большом количестве липиды, насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, в этом и заключается главное отличие масличных от других сельскохозяйственных культур.

В мировом масштабе под посев масличных культур отводится довольно большая часть посевных площадей, более 100 млн. га. Предпочтение отдается таким масличным культурам, как: подсолнечник, соя, рапс.

Целью наших исследований было проанализировать производство, режимы и способы хранения масличных культур.

Для осуществления цели нами были определены следующие задачи: изучить посевных площадей подсолнечника и сои; химический состав семян; определить убыль по приходу и расходу; рассчитать естественную убыль при различных способах хранения подсолнечника и сои; выявить лучший способ хранения.

Предметом изучения были масличные культуры – подсолнечник и соя. Методы исследований: лабораторный и производственный.

В аспекте экономической рентабельности и выгоды, соя превосходит такую популярную культуру, как подсолнечник ввиду определённых показателей при её выращивании.

Подсолнечник истощает почву, забирая все органические вещества, тогда как соя наоборот обогащает почву фиксированным азотом, благодаря симбиозу клубеньковых бактерий с корневой системой растения, соответственно исчезает потребность во внесении минеральных азотных удобрений [1, 7].

Кроме того, культура сои обеспечивает получение экологически чистого продукта. Благодаря множеству вариантов переработки увеличивает прибыль сельскохозяйственного предприятия. Соя – прекрасный предшественник для многих сельскохозяйственных культур, так как почва после неё не истощена.

Материалы и методы исследования. Анализируя в нашей работе данные о площади возделывания сои за 2020 год в России, включая хозяйства разных категорий, можно с уверенностью сказать, что посевные площади выращивания этой культуры возросли на 3,1%, что составляет 90,2 тысячи га, по сравнению с 2015 годом рост составил 42,6% (+908 га).

Белгородская область входит в пятерку лидеров как по выращиванию сои, так и по посевным площадям сои.

В 2020 году в регионе собрали 617,2 тысячи тонн сои. Рост показателя составил 7,5% (42,9 тысяч тонн) по сравнению с 2019 годом и 79% (272,2 тысячи тонн) по сравнению с 2015 годом. Посевные площади сои также увеличились по сравнению с 2018 годом и составили 267,2 тысячи га (+15,3%).

Соя высеяна на 288,2 тыс. га из почти 294 тыс. га. Урожайность сои в 2020 году составила 23,1 ц/га, что меньше уровня 2019 года на 6,8%. За период с 2015 года урожайность повысилась на 19%.

Биохимический анализ сои показывает также и высоко масличность этой культуры, содержание масла доходит до 27% в семенах сои. Основную массу жира составляют липоидные вещества и триглицериды. Если рассматривать содержание жирных кислот в соевом масле, то можно заметить преобладание ненасыщенных жирных кислот над насыщенными, в процентном отношении 86-88% и 12-14% соответственно.

Следует помнить о низкой стойкости убранных семян подсолнечника. Закладывая на хранение семена подсолнечника, важно соблюдать определенные показатели окружающей среды, такие как температура и влажность, а также отсутствие вредителей, для того чтобы сохранить урожай культуры и не допустить его порчи. При неблагоприятных условиях в складских помещениях или несоблюдении режимов хранения, начинаются негативные процессы в семенах, что проявляется в изменении жировой, аминокислотной составляющей семян подсолнечника.

В связи с тем, что основным запасным веществом у масличных культур являются липидные вещества, которые не могут связывать воду, а следовательно при повышенной влажности семена накапливают воду и разбухают, соответственно важно строго соблюдать режим хранения семян.

Сорта и гибриды подсолнечника с высокой масличностью имеют низкую стойкость при хранении. Физиолого-биологические процессы проходят более интенсивно. Также гибриды отличаются и структурно-механическими свойствами семян подсолнечника.

Высокомасличные семена с повышенной влажностью не хранятся даже несколько часов. Они подвергаются порче, самосогреванию и становятся не пригодными для получения высококачественного масла [2].

Очень большое негативное влияние на показатели качества и химический состав подсолнечника оказывает такая биологическая особенность как неравномерное созревание семян в корзине на одном растении.

Результаты и обсуждения. Проводя визуальный осмотр, видна разница по величине, влажности, степени спелости семян подсолнечника.

Особенности хранения масличных культур, таких как соя, подсолнечник, рапс, заключаются в основном в биохимических процессах, физиологических процессах, таких как дыхание. При этом окисляется значительная часть жира и происходит самосогревание семян, этот процесс чреват прогорканием масла, изменением цвета ядра семян, повышением кислотности, продукция становится горькой на вкус.

Учитывая разный временной промежуток созревания семян, так как в основном время уборки приходится на поздние сроки, стоит также обращать внимание на показатель влажности семян.

В большинстве случаев у культур наблюдается большой процент влаги, поэтому разумно провести послеуборочную сушку семян, чтобы привести к стандартному показателю влажности – 7-9%.

Процесс самосогревания семян неразрывно связан с дыханием, соответственно увеличивается температура семян до 18-25°C, незначительно меняются органолептические показатели. Если не предпринять никаких действий по устранению негативных последствий самосогревания семян на начальном этапе, то температура семян увеличивается до 40°C. Данная температура при хранении семян характеризуется началом развития и бурной деятельности термофильных бактерий, например стрептококка, который размножается и функционирует при 41°C. Деятельность микроорганизмов в основном характеризуется покрытием плесенью семян, а также значительным изменением органолептических показателей семян, таких как цвет, запах и вкус [3].

Далее, температура продолжает увеличиваться и доходит до 55°C, на этой стадии возникает неприятный запах, лужга приобретает тёмный цвет, способность к проращиванию стремительно снижается, практически вся партия семян становится непригодной для реализации определенных целей. Основной причиной для развития процесса самосогревания являются микроорганизмы, а также присутствие в других культурных растений, сорных растений или их частичек, которые как правило, отличаются большим содержанием влаги в семенах.

Чтобы сохранить продукцию масличных культур, важно после уборки провести сушку семян и тем самым снизить процент влаги в семенах до 7% [3].

Так, например семена с повышенной влажностью (14% и выше), отправляют на сушку, а после на охлаждение. При хранении поддерживают температуру на складе, где хранятся масличные культуры до 10°C.

Послеуборочную доработку семян проводят с целью уменьшить количество битых и повреждённых при уборке семян, а также предотвратить появление бактериальной активности на них [4].

На длительное хранение в складах 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.

Срок годности партии семян подсолнечника составляет всего 6 месяцев. По истечении этого времени в лаборатории проверяют все показатели семян на пригодность к посеву и сравнивают данные исследований со стандартом.

По результатам проверки семян принимают решение об утилизации или отправлении на переработку. В случае полного соответствия показателей семян подсолнечника предъявляемым требованиям, их отправляют на последующее хранение [5].

Таким образом, хранение масличных культур должно протекать с поддержанием определённой температуры и влажности, а также на этапе послеуборочной доработки, сорная

примесь должна быть исключена, удалены все лущёные семена. Все эти условия благоприятную более длительному хранению семян и снижению риска возникновения нежелательных процессов.

В процессе хранения семян подсолнечника проводят обработку помещения дезинфицирующими средствами, дабы предотвратить развитие патогенов. В соответствии с целями закладки масличных культур, например семян подсолнечника, различают 2 варианта хранения, либо в мешках на поддонах, либо же насыпью в складах. С началом хранения маслосемян, когда только заложили на хранение урожая, важно первые 2 недели контролировать постоянно температуру семян, воздуха и в случае её повышения предпринять действия ее по снижению [6].

На предприятиях пользуются нормами естественной убыли, где учитывают изменение массы за счет влажности зерна по приходу и расходу, а также способ и срок хранения партии семян и зерна. *Заметим, что температуру просушенного зерна в первые две недели снижают до +2+10 °С.*

В таблице 1 мы привели результаты наших расчетов. Влажность по приходу в наших семенах составляла 7-8%, по расходу она снизилась до 6,6-7,2%.

Таблица 1 – Убыль масличных культур, %

Показания	Культура		
	подсолнечник	soя	рапс
Влажность по приходу	7,2	8,0	7,0
Влажность по расходу	6,8	7,7	6,8
Сорная примесь по приходу	1,3	1,8	1,2
Сорная примесь по расходу	1,1	1,5	1,0
Убыль за счет влажности	0,42	0,32	0,21
Убыль за счет сорной примеси	0,2	0,3	0,13

Следует отметить, что влажность, как в прочем и сорная примесь семян подсолнечника, сои и рапса, с которыми мы работали, соответствовали требованиям нормативно-технической документации.

Так, сорная примесь по приходу составляла 1% (у рапса), 1,5% (у сои) и 1,1% (у подсолнечника). Убыль у семян масличных культур была выше за счет влажности, она составила: 0,21% (у рапса), 0,32% (у сои) и 0,42% (у подсолнечника). Убыль за счет засоренности в наших расчетах была равна: 0,13% (у рапса), 0,3% (у сои) и 0,2% (у подсолнечника).

Рассмотрим нормы естественной убыли семян различных культур при хранении. Для этого по полученным данным мы рассчитали норму естественной убыли. Пример наших расчетов приводим на для подсолнечника (табл. 2).

Таблица 2 – Расчет норм естественной убыли при хранении подсолнечника до 3 месяцев насыпью и в таре

Срок хранения	Количество суток					
	15	30	45	60	75	90
Насыпью	0,05805	0,0861	0,11415	0,1422	0,17025	0,1983
В таре	0,04485	0,0597	0,07455	0,0894	0,10425	0,1191
Норма	0,05805	0,0861	0,11415	0,1422	0,17025	0,1983

На графике рисунка 1, и диаграмме рис.2 мы отобразили различия норм естественной убыли подсолнечника и сои, которые хранились насыпью и в таре.

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы: при хранении подсолнечника в любом виде естественная убыль увеличивается каждые 3 месяца в среднем на 0,05%. Однако при хранении подсолнечника в таре естественная убыль меньше (на 0,1%), чем при хранении насыпью.

Если рассмотреть более подробно изменение норм естественной убыли подсолнечника нельзя не отметить, что естественная убыль при хранении подсолнечника насыпью, уве-

личивалась в зависимости от срока хранения. Так, после хранения данной культуры естественная убыль составляла 0,07%, через 6 месяцев она увеличилась на 14%, а через 12 месяцев естественная убыль составила 0,12%.

При хранении подсолнечника в таре естественная убыль уменьшается при хранении до 3-х месяцев на 0,11%; от 5 до 6-ти месяцев на 0,15 и при хранении до года на 0,20%.

Изучая способы хранения подсолнечника, мы пришли к выводу о том, что наши данные о недопустимости хранения подсолнечника на приспособленных площадках более 3-х месяцев совпадают с документом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Нормы естественной убыли семян различных культур при хранении».

Аналогичные данные получены нами при расчете естественной убыли для семян сои. По сравнению с подсолнечником нами определено, что при расчете естественная убыль ее параметры были ниже. Так, при хранении сои до 3-х месяцев насыпью она составляла лишь 0,07%, до 6-ти месяцев – 0,08%, до 12 месяцев – 0,12%, а при хранении в таре и вовсе уменьшилась до 0,04 %. Наибольший же показатель был отмечен у подсолнечника, хранящегося насыпью (до 0,3%).

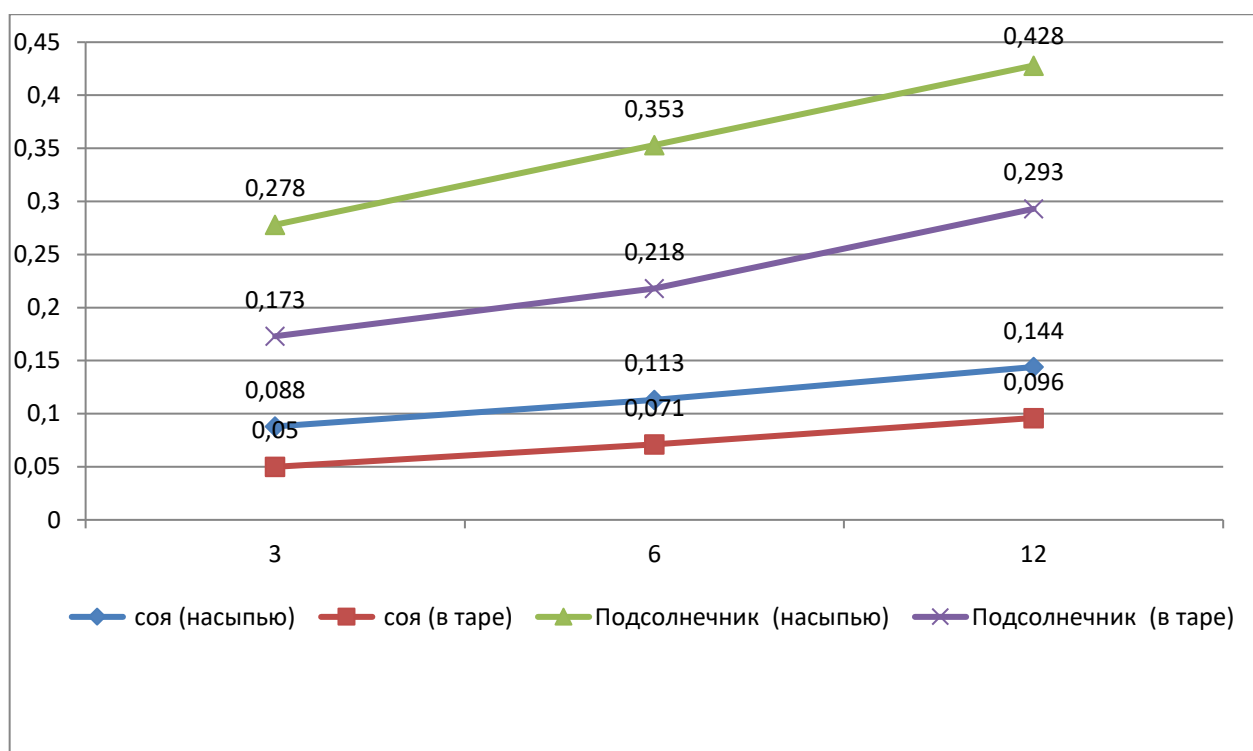


Рис. 1 – Параметры естественной убыли при хранении подсолнечника и сои насыпью и в таре

Расширение площадей выращивания подсолнечника на сегодняшний день является одной из главных задач сельскохозяйственных аграриев, так как в нашей стране это основная масличная культура. Изучив требования хранения такой масличной культуры, как подсолнечник, можно смело сказать, что от того, как соблюдаются условия хранения зерна и семян, зависит количество и качество сырья. В мировом производстве соевое масло производится около 38%.

Зная о том, как хранить урожай, можно обеспечить население питательными и полезными продуктами [6].

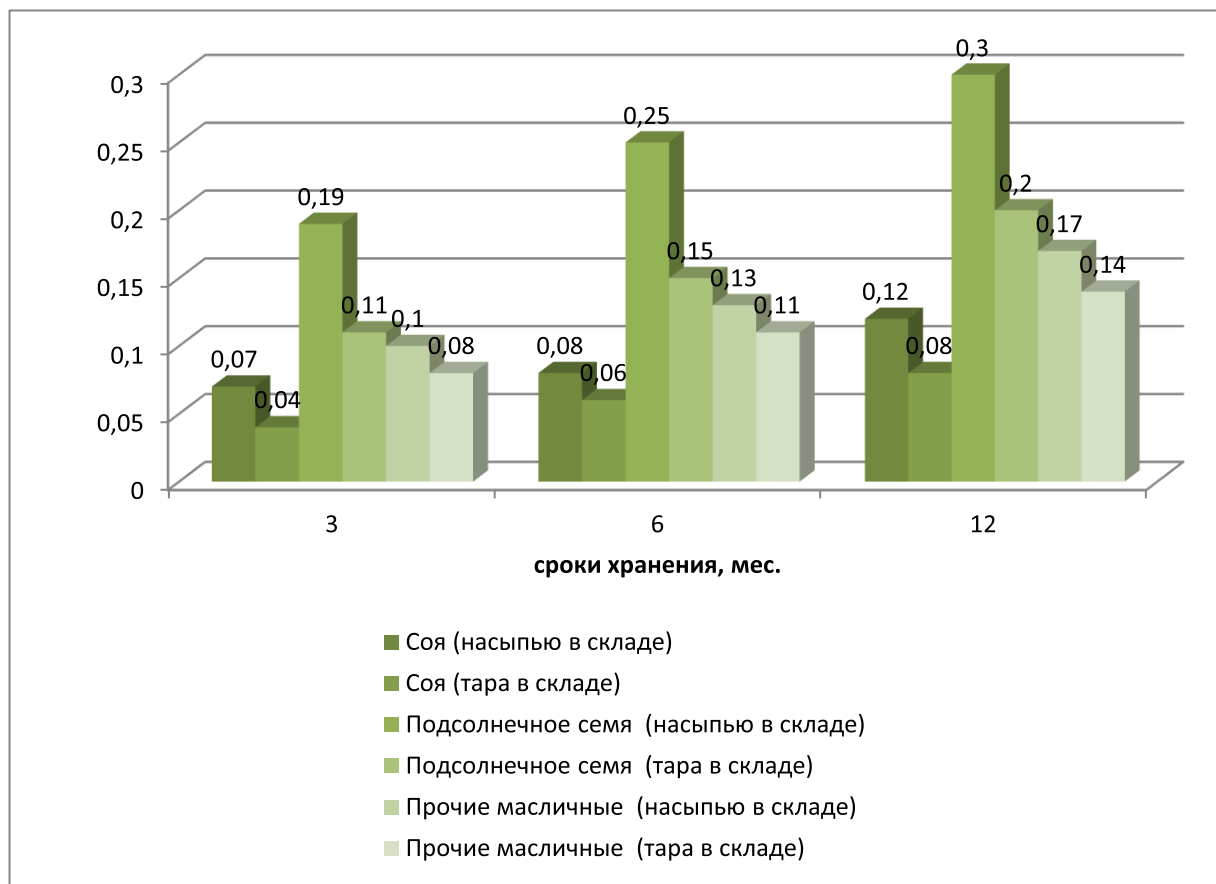


Рис. 2 – Параметры естественной убыли при хранении масличных культур насыпью и в таре

По сравнению с подсолнечником нами определено, что при расчете естественная убыль сои была ниже. Так, при хранении ее до 3-х месяцев насыпью она составляла лишь 0,07%, до 6-ти месяцев – 0,08%, до 12 месяцев – 0,12%, а при хранении в таре и вовсе уменьшилась до 0,04%.

После хранения данной культуры естественная убыль составляла 0,07%, через 6 месяцев она увеличилась на 14%, а через 12 месяцев естественная убыль составила 0,12%. Наибольший же показатель естественной убыли был отмечен у подсолнечника, хранящегося насыпью (до 0,3%).

При хранении подсолнечника в таре естественная убыль сокращается до 0,11% при хранении его до 3-х месяцев; 0,15 от 5 до 6-ти месяцев и 0,20% при хранении до года.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований можно рекомендовать хранить семена масличных культур в таре, так как естественная убыль сокращается почти в 2 раза.

Оптимальные условия для хранения складываются в прохладных, темных, сухих, защищенных от дождя, проветриваемых или вентилируемых помещениях, особенно в герметичных емкостях.

Влажность воздуха (65-70%) и прохладным (2-5°C).

Естественная убыль при хранении насыпью, увеличивалась в зависимости от срока хранения. Нормы зависят от вида, способа и срока (3, 6 месяцев и 1 год) хранения партий семян масличных культур. Максимальный срок хранения масличных культур, таких как подсолнечник, составляет полгода, а сои – 1 год.

Библиография

1. Васильев Д.С. Подсолнечник. М. : Агропромиздат, 2017. – 174 с.
2. Воробьев К.А. Новые технологии хранения зерна и семян // Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2017. – Т. 2. – № 3. – С. 73-77.

3. Журавлев А.П. Современные технологии послеуборочной обработки и хранения семян подсолнечника // 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. Титова Е.Н. Хранение подсолнечника повышенной влажности // 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.
5. Смирнова 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.
6. 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.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.

References

1. Vasiliev D.S. Sunflower. M. : Agropromizdat, 2017. – 174 p.
2. Vorobyev K.A. New technologies of grain and seed storage // New science: Strategies and vectors of development. – 2017. – Vol. 2. – No. 3. – pp. 73-77.
3. Zhuravlev A.P. Modern technologies of post-harvest processing and storage of sunflower seeds // 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. pp. 25-32.
4. Titova E.N. Storage of sunflower with high humidity // 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. pp. 382-389.
5. Smirnova V.V., Sidelnikova N.A., Dubrovsky A.A. Technology of production and processing of sunflower seeds in the Belgorod region – Belgorod : CPI "Polyterra", 2018. – 199s. ISBN 978-98242-254-5.
6. Trubilin A.I., Gaiduk V.I., Kondrashova A.V. Efficiency 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. pp. 65-71.
7. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik and others – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

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

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: svik.belgorod@mail.ru

Шеховцова Лилия Витальевна, магистр, ФГБОУ ВО Белгородский государственный национальный исследовательский Университет, НИУ «БелГУ» Россия, 308015 Белгородская область., Россия, г. Белгород, ул. Победы д. 85, тел.+9290031324, e-mail: shehovtsovalilia@yandex.ru

Information about the authors

Natalia A. Sidelnikova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel.+74722 39-14-26, e-mail: 8861676@gmail.com

Smirnova Victoria Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel.+74722 39-14-26, e-mail: svik.belgorod@mail.ru

Shekhovtsova Lilia Vitalievna, Master of the Belgorod State National Research University, NRU "BelSU" Russia, 308015 Belgorod region., Russia, Belgorod, Pobedy str. 85, tel.+9290031324, e-mail: shehovtsovalilia@yandex.ru

УДК 631.816.12:633.853.52

Я.И. Филимонов, Н.В. Коцарева

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И РАСТЕНИЙ МИКРОУДОБРЕНИЯМИ И СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТА НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ

Аннотация. Установлено положительное влияние предпосевной обработки семян и растений сои в разные фазы в период вегетации микроудобрениями и стимуляторами роста. Проведенные мероприятия в ООО «Агрохолдинг Ивнянский» в 2020-2021 гг. по подкормке сои микроудобрениями и стимулятором роста способствовали увеличению высоты растений сои от 74,25 см до 88,5 см. Использование предпосевной обработки способствовало повышению всхожести семян от 66% до 93%. При обработке в фазе «1-2-й тройчатые листья» при инокуляции семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) отмечали увеличение сохранности растений сои в период ее вегетации от 89% у сорта Кордоба до 95% у Белгородская 7 (стандарт). Наибольшую густоту стояния растений к уборке на единице площади обеспечил сорт сои Белгородская 7 (стандарт) – 613-692 штуки.

Уровень урожайности сортов сои зависел как от сортов, так и от вариантов обработки растений в период вегетации. Урожайность сои по сорту Кордоба составила от 21,1 ц/га до 31,10 ц/га, по сорту Киото – от 19,60 ц/га до 31,90 ц/га и по сорту Белгородская 7 – от 17,40 ц/га до 29,70 ц/га. Большую отзывчивость на применяемые микроудобрения и стимуляторы роста в среднем за два года показали сорта сои Кордоба и Киото при обработке растений в фазе образования первых бобов с урожайностью 27,10 ц/га и 26,55 ц/га соответственно.

Ключевые слова: соя, сорт, обработка семян, микроудобрения, стимуляторы роста, инокуляция, урожайность.

THE EFFECT OF TREATMENT OF SEEDS AND PLANTS WITH MICRO FERTILIZERS AND GROWTH STIMULANTS ON THE SEED PRODUCTIVITY OF SOYBEAN VARIETIES

Abstract. The positive effect of pre-treatment of soybean seeds and plants in different phases during the vegetation period with microenvironments and growth stimulants has been established. Measures taken at Agroholding Ivnyansky LLC in 2020-2021. to feed soybeans with microenvironments and a growth stimulator contributed to an increase in the height of soybean plants from 74.25 cm to 88.5 cm. The use of pre-treatment helped to increase the germination rate of seeds from 66% to 93%. When treated in the "1-2 triangular leaves" phase with seed inoculation + Biostim start treatment (1.2 l/t) + Biostim growth treatment (3 l/ha), an increase in the safety of soybean plants during its vegetation period was noted from 89% in the Kordoba variety to 95% in Belgorod 7 (standard). The greatest density of plant standing for harvesting per unit area was provided by the soybean variety Belgorod 7 (standard) – 613-692 pieces. The yield level of soybean varieties depended on both varieties and processing options plants during vegetation. The yield of soybeans of the Cordoba variety ranged from 21,1 c/ha to 31,10 c/ha, Kyoto grade – from 19.60 c/ha to 31,90 c/ha and Belgorod grade 7 – from 17.40 c/ha to 29,70 c/ha. Great responsiveness to the applied microenvironments and growth stimulants in an average of two years was shown by the varieties of soybeans of Kordoba and Kyoto when treating plants in the phase of formation of the first beans with yields of 27.10 c/ha and 26.55 c/ha, respectively.

Keywords: soya, variety, seed treatment, micro-fertilizers, growth stimulants, inoculation, yield.

Введение. Показателем благосостояния здоровья населения страны является потребление белка на душу населения. Соя – одна из самых высокобелковых культур, возделываемых в мире. По данным разных источников, содержание белка в семенах этой культуры составляет в среднем 38-42%, а может достигать и до 50% [1]. Высокий интерес к ней объясняется особенностями химического состава зерна. Богатый и разнообразный химический состав сои используется для продовольственных, кормовых и технических целей. Из семян сои изготавливают более 400 видов промышленных продуктов [2, 3, 4].

Соя – единственная культура, использование которой в небольших количествах (150-260 г) способна удовлетворить суточную потребность организма взрослого человека во всех аминокислотах при отсутствии в рационе питания других источников белка [5]. Современные сорта сои обладают высокой продуктивностью, но ее раскрытие возможно только при внедрении современных технологий на основе мировых достижений науки и техники [9, 10, 11].

Соя предъявляет достаточно большую потребность в питательных веществах. Для формирования 1 т семян с га соя выносит из почвы макроэлементов: 50 кг азота, 9 кг фосфора, 40 кг калия, 9 кг серы, 14 кг кальция, 7 кг магния, а также микроэлементы 80 г цинка, 345 г железа, 83 г марганца и 30 г меди [6].

Потребность сои в питательных элементах зачастую зависит от сорта, почвенно-климатических условий, системы обработки почвы и системы земледелия [7].

Популярность сои в Черноземье этой культуры растет с увеличением площадей. Нарастающие процессы интенсификации аграрного производства требуют пересматривать организацию минерального питания сельскохозяйственных культур, необходимую для выбора оптимальных доз удобрений и их сочетаний в экологическом плане при управлении плодородием почв.

Объект исследований, материалы и методы. Исследования проводили на базе ООО «Агрохолдинг Ивнянский» в 2020-2021 гг. Почва опытного участка – чернозем типичный глинистый слабо эродированный на лессовидном суглинке, перед закладкой опыта было Р – 170 мг/кг (высокая обеспеченность), К – 144 мг/кг (высокая обеспеченность), N – 157 мг/кг (повышенная обеспеченность).

Целью работы было изучение влияния обработки семян и растений сои микроудобрениями и стимуляторами роста для улучшения качественных показателей семян. В опыте высевали сорта: Белгородская 7, Кордоба, Киото. Белгородская 7 – среднеспелый сорт, в Госреестре с 2011 г. Растение полудетерминантное средней высоты. Опушение серое. Цветки белые. Бобы светло-коричневые. Семена средние, шаровидно-приплюснутые, желтые рубчик желтый.

Кордоба – раннеспелый сорт включен в Госреестр по Центрально-Черноземному (5) региону. Растение индетерминантного типа, от среднего до высокого, полупрямостоячее с рыжевато-коричневым опушением. Боковой листочек заостренно-яйцевидной формы, от маленького до среднего размера, зеленый. Цветок фиолетовый. У боба интенсивность коричневой окраски от светлой до средней. Семена среднего размера, шаровидно-приплюснутые, желтые, рубчик желтый.

Киото – среднеранний сорт включён в Госреестр по Центрально-Черноземному (5) региону. Рекомендован для возделывания в Курской области. Растение детерминантного типа развития, среднее - высокое, прямостоячее. Опушение главного стебля рыжевато-коричневое. Боковой листочек (сложного листа) треугольный. Цветок фиолетовый. Семена среднего размера, удлинённо-приплюснутые, жёлтые, рубчик жёлтый. Время начала цветения раннее [8].

Были решены следующие задачи: изучено влияние предпосевной обработки семян и обработки растений сои различными препаратами.

В период вегетации учитывали следующие показатели: проводился подсчет густоты всходов, а также подсчет густоты перед уборкой и учитывались ростовые процессы растений сои (высота растений, см).

Опыт двухфакторный – фактор А сорта сои Кордоба, Киото и Белгородская 7 (стандарт), фактор В – элементы обработки согласно схеме:

Вариант обработки (фактор В)	
Инокуляция семян	Контроль
Инокуляция семян + Обработка Биостим старт (1,2 л/т)	Обработка семян
Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га)	1-2-й тройчатые листья
Инокуляция семян + обработка (Биостим старт 1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масляный (2 л/га)	Бутонизация
Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масляный (2 л/га) + обработка Биостим масляный (2 л/га)	Образование первых бобов

Площадь опытной делянки, в одной повторности 30 м². Повторность опыта трехкратная. Норма высева 750 тыс. всхожих семян на 1 га.

Микроудобрения вносили на делянках вручную, обработка семян микроудобрениями проводится перед инокуляцией совместно с фунгицидным протравителем.

После уборки озимой пшеницы вносили диаммофоска с нормой N₁₀P₂₆K₂₆ кг/га в д.в. по технологии Strip-till на глубину 15-20 см агрегат Ortman.

Ранней весной 20 апреля вносили аммиачную селитру с нормой 100 кг/га в физическом весе разбрасывателем Amazone 5500, заделку проводили дисковым орудием Amazone Catros на глубину 2-3 см.

Посев проводили во второй декаде мая сеялкой John Deere 1890 на глубину 3-4 см с нормой высева 750 тыс./га.

В опыте проводили следующие учеты и наблюдения:

Фенологические наблюдения, учеты и измерения – по методике государственного сортоиспытания с/х культур (1985).

Урожайность семян определяли пересчетом на 100% чистоту и 14% влажность.

Качественные показатели полученных семян – масса 1000 семян – по ГОСТ 10842 – 89; выравненность семян – просеиванием на наборе решёт с круглыми отверстиями диаметром 7-5 мм; содержание протеина – с помощью анализатора «Инфраскан – 3150 в лаборатории ООО «Агрохолдинг Ивнянский»; энергию прорастания семян и всхожесть – по ГОСТ 12038-84.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по методике Б.А. Доспехова (1985).

Результаты. У всех сортов сои отмечено влияние предпосевной обработки семян микроудобрениями и стимуляторами роста на увеличение высоты растений по сравнению с контролем. Следует отметить, что высота растений сои в 2021 году была ниже, чем в 2020, что объясняется засушливыми погодными условиями вегетационного периода (табл. 1).

Густота растений сортов сои по вариантам опыта за 2020-2021 гг. составила 600,5 шт./м², а на период уборки количество растений было 559,5 шт./м², в связи с чем сортовая сохранность составила 93,2% в среднем.

Все сорта сои в среднем за 2 года показали высокую сохранность к уборке – 89-96%. Лучшая сохранность растений сои отмечена у сорта Белгородская 7, у которой показатель во всех вариантах составил 93-96%. Наименьшую сохранность отмечали при возделывании сорта Кордоба в варианте обработки в фазу 1-2 тройчатых листьев – 89%.

Таблица 1 – Влияние обработки семян и растений микроудобрениями и стимуляторами роста на высоту сортов сои перед уборкой, см (2020-2021 годы)

Вариант	Год	Кордоба	Киото	Белгородская 7 (st)
Инокуляция семян - контроль	2020	108,9	95,6	95,8
	2021	61,5	49,9	61,3
Среднее		85,2	72,75	78,55
Обработка семян - Инокуляция семян + Обработка Биостим старт (1,2 л/т)	2020	109,7	96,4	99,8
	2021	62,3	52,1	65,9
Среднее		86,0	74,25	82,85
± к контролю		+ 0,8	+ 1,5	+ 4,3
Обработка в фазе «1-2-й тройчатые листья» - Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га)	2020	111,3	96,7	96,2
	2021	62,5	53,1	64,2
Среднее		86,9	74,9	80,2
± к контролю		+ 1,7	+ 2,15	+ 1,65
Обработка в фазе бутонизации - Инокуляция семян + обработка (Биостим старт 1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га)	2020	110,3	97,8	99,7
	2021	64,5	53,7	64,4
Среднее		87,4	75,75	82,05

± к контролю		+ 2,2	+ 3	+ 3,5
Обработка в фазу образования первых бобов - Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га)	2020	112,1	98	102
	2021	64,9	55	65,8
Среднее		88,5	76,5	83,9
± к контролю		+ 3,3	+ 3,75	+ 5,35

По высоте растений выделился сорт сои Кордоба, у которого отмечали наибольшую высоту в сравнении с сортами Киото и Белгородская 7. По всем вариантам обработки у этого сорта высота составила от 108,9-121,1 см в 2020 году до 61,5-88,5 см в 2021 году.

В среднем за 2 года исследования у сортов сои высота растений перед уборкой на контроле достигала 78,8 см, в варианте «Инокуляция семян + Обработка Биостим старт (1,2 л/т)» – 81 см, при обработке в фазе по 1-2 тройчатым листьям «Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га)» – 80,6 см, в фазу бутонизации «Инокуляция семян + обработка (Биостим старт 1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га)» – 81,7 см. В фазе образования первых бобов высота растений сои составила 82,9 см при использовании варианта обработки «Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га)».

От посевных качеств семян сои напрямую зависит густота появившихся всходов. В случае некачественных семян затраты на семена в хозяйстве могут увеличиться, что в дальнейшем скажется на себестоимости продукции. Соя в период вегетации, как и все культуры, может терять часть растений из-за неблагоприятных погодных условий, поэтому подсчет густоты проводился двукратно после получения 90-95% всходов и перед уборкой (табл. 2).

Таблица 2 – Густота, всхожесть и сохранность к уборке сортов сои, шт./м² (2020-2021 годы)

Вариант	Год	Кордоба		Киото		Белгородская 7 (st)	
		10 июня	к уборке	10 июня	к уборке	10 июня	к уборке
Инокуляция семян - контроль	густота						
	2020	422	390	625	573	704	652
	2021	560	509	520	483	653	613
Среднее		491	450	573	528	679	633
Всхожесть, %		66	-	76	-	91	-
Сохранность к уборке, %		-	92	-	92	-	93
Обработка семян - Инокуляция семян + Обработка Биостим старт (1,2 л/т)	густота						
	2020	423	392	621	575	704	664
	2021	613	557	560	510	666	626
Среднее		518	474	591	543	685	645
Всхожесть, %		69	-	79	-	91	-
Сохранность к уборке, %		-	92	-	92	-	94
Обработка в фазе «1-2-й тройчатые листья» - Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га)	густота						
	2020	430	392	617	577	728	692
	2021	626	607	586	524	670	630
Среднее		528	470	602	551	699	661

Продолжение таблицы 2

Всхожесть, %	70	-	80	-	93	-	
Сохранность к уборке, %	-	89	-	92	-	95	
Обработка в фазе бутонизации - Инокуляция семян + обработка (Биостим старт 1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га)	густота						
	2020	435	395	618	578	730	701
	2021	560	548	570	530	672	632
Среднее	498	472	594	554	701	667	
Всхожесть, %	66	-	79	-	95	-	
Сохранность к уборке, %	-	95	-	93	-	95	
Обработка в фазу образования первых бобов - Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га)	густота						
	2020	424	399	620	578	727	711
	2021	626	613	606	537	693	651
Среднее	525	506	613	558	710	681	
Всхожесть, %	70	-	82	-	95	-	
Сохранность к уборке, %		96	-	91	-	96	

Уровень урожайности сортов сои зависел как от сортов, так и от вариантов обработки. Урожайность сои по сорту Кордоба составила от 21,1 ц/га до 31,10 ц/га, по сорту Киото – от 19,60 ц/га до 31,90 ц/га и по сорту Белгородская 7 – от 17,40 ц/га до 29,70 ц/га (табл.3).

Таблица 3 – Урожайность сортов сои, ц/га (2020-2021 годы)

Вариант	Кордоба	± к контролю	Киото	± к контролю	Белгородская 7 (st)	± к контролю
Инокуляция семян - контроль	23,65	-	23,60	-	22,40	-
Обработка семян - Инокуляция семян + Обработка Биостим старт (1,2 л/т)	24,65	+1,0	24,50	+0,9	23,50	+1,1
Обработка в фазе «1-2-й тройчатые листья» - Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га)	25,35	+1,7	25,05	1,45	23,75	+1,35
Обработка в фазе бутонизации - Инокуляция семян + обработка (Биостим старт 1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га)	26,50	+2,85	26,25	+2,65	24,45	+2,05
Обработка в фазу образования первых бобов- Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га)	27,10	+3,45	26,55	+2,95	24,40	+2,0
НСР ₀₅				1,99		
НСР ₀₅ по фактору А				1,15		
НСР ₀₅ по фактору В				0,89		

Следует отметить, что повышению урожайности сои по всем сортам способствовала обработка в фазу образования первых бобов. Прибавка урожайности составила от 2,0 ц/га у сорта Белгородская 7 до 3,45 ц/га у сорта Кордоба.

Все изучаемые сорта, как в конкретных условиях года, так и в среднем за два года сформировали достоверно большую прибавку в вариантах: 1) Обработка в фазе бутонизации - Инокуляция семян + обработка (Биостим старт 1,2 л/т) + обработка Биостим рост

(3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га) 2) Обработка в фазу образования первых бобов - Инокуляция семян + обработка Биостим старт (1,2 л/т) + обработка Биостим рост (3 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га) + обработка Биостим масличный (2 л/га) по всем трем сортам.

Заключение. Проведенные мероприятия по подкормке сои микроудобрениями и стимулятором роста способствовали увеличению высоты растений сои от 74,25 см до 88,5 см. Использование при предпосевной обработке стимулятора роста Биостим старт (1,2 л/т) способствовало повышению всхожести семян. При последующих обработках в фазе «1-2-й тройчатые листья», бутонизации и фазе образования первых бобов отмечали увеличение сохранности растений сои в период ее вегетации от 89-96%.

Большую отзывчивость на применяемые микроудобрения и стимуляторы роста в среднем за два года показали сорта сои Кордоба и Киото при обработке растений в фазе образования первых бобов с урожайностью 27,10 ц/га и 26, 55 ц/га соответственно.

Библиография

1. Новикова Л.Ю., Сеферова И.В., Некрасов А.Ю. и др. Влияние погодных-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе / Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(6):708-715 - DOI 10.18699/VJ18.414.
2. Лищенко В.Ф., Васильева Е.Н, Оспинникова А.А. США: экономика производства белка. – М. : Наука, 1984. – 221 с.
3. Бабич А.А. Соя в США // Масличные культуры. – 1987. – № 6. – С. 33.
4. Муравьев А.А., Сергеева В.А. Влияние инокуляции семян белгородским нитрагином км на урожай и качество зерна сортов сои в лесостепи ЦЧР / Аграрная наука. 2017. – № 9-10. – С. 24-28.
5. Тюрина Л.Е., Табаков Н.А. Использование и переработка сои. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2008. – 90 с.
6. Филимонов Я.И., Коцарева Н.В. Влияние микроудобрений на высоту растений и урожайность сои / Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК / Белгород, 2020. – С. 17.
7. Шабета О.Н., Ефанов П.А., Коцарева Н.В. Оценка сортов сои при выращивании по технологии No-Till в условиях Белгородской области // Белгородский агромир, 2016. – № 17 (96). – С. 49.
8. Сорта растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://reestr.gossortrf.ru>. (дата обращения 10.01.2022 г.).
9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.
10. Демидова А.Г. Влияние агротехнических приемов на формирование элементов структуры продуктивности сортов сои [Текст] / А.Г. Демидова, А.А. Муравьев // Материалы международной научно-практической конференции Проблемы и решения современной аграрной экономики – Белгород : Белгородский ГАУ, 2017. – С. 147-148.
11. Муравьев А.А. Результаты сравнительного изучения сортов сои белгородской селекции в условиях Белгородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований: электронный научный журнал. 2017. № 10-1. [Электронный ресурс]. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11873> (дата обращения: 14.02.2018).

References

1. Novikova L.Yu., Seferova I.V., Nekrasov A.Yu. and others. Influence of weather and climatic conditions on protein and oil content in soybean seeds in the North Caucasus / Vavilov Journal of Genetics and Selection. 2018;22(6):708-715 -DOI 10.18699/VJ18.414.
2. Lishchenko V.F., Vasilyeva E.H, Ospinnikova A.A. USA: protein production economics – M. : Science, 1984. – 221 s.
3. Babich A.A. Soya in the USA // Oilseeds. – 1987. – № 6. – S. 33.
4. Muravyov A.A., Sergeeva V.A. The influence of seed inoculation by Belgorod nitragine km on the crop and grain quality of soybean varieties in the forest-steppe of the CCR / Agrarian Science. 2017. – № 9-10. – S. 24-28.
5. Tyurina L.E., Tabakov N.A. Use and processing of soybeans. – Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2008-90 p.
6. Filimonov Y.I., Kotsareva N.V. Influence of micro-fertilizers on plant height and soybean yield / Agrarian science in conditions of innovative development of agro-industrial complex/Belgorod, 2020. – Page 17.
7. Shabetya O.N., Efanov P.A., Kotsareva N.V. Assessment of soybean varieties when growing using No-Till technology in the Belgorod region Belgorod Agromir, 2016. - № 17(96). – Page 49.
8. Plant varieties included in the State Register of Breeding Achievements Allowed for Use. [Electronic Resource]. - Access mode: <http://reestr.gossortrf.ru>. (circulation date 10.01.2022).

9. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik and others – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

10. Demidova A.G. The influence of agrotechnical methods on the formation of elements of the structure of productivity of soybean varieties [Text] / A.G. Demidova, A.A. Muravyov // Materials of the international scientific-practical conference Problems and solutions of the modern agrarian economy. – Belgorod : Belgorod State Agrarian University, 2017. – p. 147-148.

11. Muravyov A.A. Results of a comparative study of soybean varieties of Belgorod breeding in the conditions of the Belgorod region // International Journal of Applied and Fundamental Research: electronic scientific journal. 2017. No. 10-1. [Electronic resource]. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11873> (date of access: 02/14/2018).

Сведения об авторах

Филимонов Ярослав Игоревич, аспирант второго года обучения кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Студенческая, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, e-mail: filyarigo@mail.ru.

Коцарева Надежда Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Студенческая, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, tel: +74722 39-62-12

Information about authors

Filimonov Yaroslav Igorevich, graduate student of the second year of study of the Department of Crop Production, Breeding and Vegetable Production, Federal State Budgetary Education Institution of Education «Belgorod State Agricultural University named V. Gorin», ul. Student, d.1, p. May, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503.

Kotsareva Nadezhda Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Crop Production, Breeding and Vegetable Production Federal State Budgetary Education Institution of Education «Belgorod State Agricultural University named V. Gorin», ul. Studennicheskaya, d. 1, p. Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel: +74722 39-62-12, e-mail: knv1510@mail.ru.

Руководство для авторов

В журнале публикуются результаты открытых научных исследований в области сельскохозяйственной науки и техники, материалы о результатах инновационных разработок и проектов предприятий и фирм различных форм собственности, изобретениях; материалы конференций, выставок, конкурсов.

Содержание статей рецензируется (в соответствии с профилем журнала) на предмет актуальности темы, четкости и логичности изложения, научно-практической значимости рассматриваемой проблемы и новизны предлагаемых авторских решений.

Общий объем публикации определяется количеством печатных знаков с пробелами. Рекомендуемый диапазон значений составляет от 12 тыс. до 40 тыс. печатных знаков с пробелами (0,3–1,0 печатного листа). Материалы, объем которых превышает 40 тыс. знаков, могут быть также приняты к публикации после предварительного согласования с редакцией. При невозможности размещения таких материалов в рамках одной статьи, они могут публиковаться (с согласия автора) по частям, в каждом последующем (очередном) номере журнала.

Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, кеглем (размером) – 12 пт, для оформления названий таблиц, рисунков, диаграмм, структурных схем и других иллюстраций: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт; для примечаний и сносок: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт. Для оформления библиографии, сведений об авторах, аннотаций и ключевых слов используется кегль 10 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля сверху и снизу, справа и слева – 2 см, абзац – 1,25 см (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 Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации (не менее 250 слов, 2000 знаков).

Ключевые слова: ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова (не менее 5)

FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation 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.