



Инновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№2 (34) 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 2 (34)
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);
- 06.01.04** – Агрохимия (сельскохозяйственные науки);
- 08.00.05** – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки);
- 08.00.12** – Бухгалтерский учет, статистика (экономические науки);
- 4.1.1.** – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)
С 01.02.2022 г.;
- 5.2.4.** – Финансы (экономические науки)
С 01.02.2022 г.

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 05.07.2022 г., дата выхода в свет 18.07.2022 г.

Усл. п.л. 30,9 Тираж 1000 экз. Заказ № 1895. 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 2 (34)
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.;

Gruzдова L.N., Cand. Econ. Sci., as. prof.;

Gurin A.G., Dr. Agr. Sci., professor;

Demidova A.G., Cand. Agr. Sci., as. prof.;

Zaporozhtseva L.A., Dr. Econ. Sci., professor;

Kolesnikov A.S., Cand. Tech. Sci., as. prof.;

Kolomeichenko A.V., Dr. Tech. Sci., professor;

Kotliarova E.G., Dr. Agr. Sci., professor;

Kotsareva N.V., Dr. Agr. Sci., as. prof.;

Lebedev A.T., Dr. Tech. Sci., professor;

Lomazov V.A., Dr. Phys.-math. Sci., prof.;

Medeliyeva Z.P., Dr. Econ. Sci., professor;

Muravyov A. A., Cand. Agri. Sci., as. prof.;

Myazin N.G., Dr. Agr. Sci., professor;

Nasedkina T.I., Dr. Econ. Sci., professor;

Naumkin V.N., Dr. Agr. Sci., professor;

Pastukhov A.G., Dr. Tech. Sci., professor;

Polivaev O.I., Dr. Tech. Sci., professor;

Rastopchina Y.L., Cand. Econ. Sci., as. prof.;

Saenko Yu.V., Dr. Tech. Sci., professor;

Sidorenko O.V., Dr. Econ. Sci., as. prof.;

Skuriatin N.F., Dr. Tech. Sci., professor;

Smurov S.I., Cand. Agr. Sci.; as. prof.;

Siolyarov O.V., Dr. Agr. Sci., professor;

Stupakov A.G., Dr. Agr. Sci., professor;

Tokar E.V., Dr. Econ. Sci., professor

EDITORIAL BOARD

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

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

Members of Editorial Board:

Bondarenko L.V., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);

Werenowska A., PhD in economics (Poland);

Erokhin M.N., Dr. Tech. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);

Kolesnikov A.V., Dr. Econ. Sci., associate professor (Russia);

Lemmer A.J., Dr. Agr. Sci. (Germany);

Prostenko A.N., Cand. Econ. Sci. (Russia);

Savchenko E.S., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);

Turusov V.I., Dr. Agr. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);

Tur'ianskii A.V., Dr. Econ. Sci., professor (Russia)

Uzhik V.F. Dr. Tech. Sci., professor (Russia);

Ushachev I.G., Dr. Econ. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);

Jaska E., PhD in economics (Poland).

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

ISSN – 2311–9535

Subscription Index in the directory “The United catalogue. The Russian Press. Newspapers and magazines” – **40760**.

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

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

- 05.20.01** – Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences);
- 05.20.02** – Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (technical sciences);
- 05.20.03** – Technologies and means of technical maintenance in agriculture (technical sciences);
- 06.01.04** – Agrochemistry (agricultural sciences),
- 08.00.05** – Economics and management of the national economy (by branches and fields of activity) (economic sciences);
- 08.00.12** – Accounting, Statistics (Economic Sciences);
- 4.1.1.** – General agriculture and crop production (agricultural sciences)
From 01.02.2022;
- 5.2.4.** – Finance (economic sciences)
From 01.02.2022.

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 05.07.2022, date of publication 18.07.2022.

Conventional printed sheet 30,9. Circulation 1000 copies. Order № 1895. Free price.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

<i>С.В. Карцев, И.Н. Кравченко, А.Г. Пастухов, И.С. Карцев</i> ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ КРОМОК СВЕКЛОРЕЗНЫХ НОЖЕЙ ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ.....	9
<i>А.В. Коломейченко, И.В. Грибов, Р.Ю. Соловьев, М.В. Шипов, М.К. Быков</i> НИОКР, КАК ОСНОВА НАРАЩИВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	16
<i>И.Н. Кравченко, С.В. Карцев, А.Г. Пастухов, О.А. Шарая</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ С УЧЕТОМ ТЕРМИЧЕСКОГО КПД И ТОЛЩИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА.....	23
<i>Н.В. Ксёиз, И.В. Юдаев, С.П. Псюкало</i> ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	32
<i>И.С. Кузнецов, В.Н. Логачев, Н.В. Титов, Н.С. Чернышов</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОВ ДЕТАЛЕЙ ПЛУНЖЕРНОЙ ПАРЫ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО ГИДРОНАСОСА.....	40
<i>А.В. Мачкарин, А.В. Рыжков</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДОЗАТОРА СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ.....	46
<i>А.Г. Минасян, А.С. Колесников</i> МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ НАПРЯЖЕННЫХ СЕГМЕНТОВ ДЛЯ ВАЛКОВЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ.....	59
<i>А.Г. Пастухов, И.Ш. Бережная, А.П. Слободюк</i> ВЫБОР КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТОГО ПАТРУБКА ВЫХЛОПНОЙ СИСТЕМЫ.....	66
<i>В.А. Петров, П.В. Дородов, Л.Я. Лебедев</i> ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА ЛОПАСТНОГО БАРАБАНА МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ.....	74
<i>М.И. Романченко</i> БАЛАНСЫ ЭНЕРГИИ, МОЩНОСТИ, МОМЕНТОВ И СИЛ ПРИ КАЧЕНИИ КОЛЕСА В СВОБОДНОМ И ВЕДУЩЕМ РЕЖИМАХ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТОЧЕК ШИНЫ И КОЛЕСА.....	81
<i>Е.В. Соловьев</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ГИДРОНАВЕСКУ ТРАКТОРА СО СТОРОНЫ ПРИЦЕПА.....	91

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

<i>А.В. Акинчин, С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, Т.С. Морозова</i> ОЦЕНКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.....	98
<i>В.И. Желтухина, С.И. Панин, Л.А. Манохина</i> МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ПОДСТИЛОЧНОГО КУРИНОГО ПОМЕТА.....	108
<i>Н.И. Клостер, В.В. Лоткова, В.Б. Азаров</i> МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЧВ.....	115
<i>М.А. Куликова, А.Г. Ступаков, А.В. Лодыгин, Т.С. Морозова</i> ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОРОСТКОВ И КОРЕШКОВ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ ХЛОРИДА КОБАЛЬТА.....	123
<i>Е.А. Пендюрин, А.В. Святченко, Н.Ю. Кирюшина</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ ПОЧВОСМЕСИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	130
<i>С.В. Резвякова, Л.П. Еремин, А.В. Таракин, Н.И. Ботуз</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОПРЕПАРАТОВ В ЗАЩИТЕ ПОСЕВОВ СОИ ОТ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ И ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА СЕМЯН.....	137
<i>С.И. Смуров, А.С. Голубев, О.В. Григоров, Н.В. Дуюн</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДА КРОСС-СПЕКТРА ДЕЙСТВИЯ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	143
<i>А.А. Халилов, П.Б. Байрамова, К.Ф. Абилова</i> СОСТАВЛЕНИЕ ОТКРЫТЫХ ШКАЛ БОНИТЕТА ЗЕМЛИ В КАДАСТРОВЫХ РАЙОНАХ.....	150
<i>Ю.О. Черных, М.А. Куликова, А.Г. Ступаков</i> ЗАВИСИМОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЬНА И ПАЖИТНИКА В РАННИЙ ПЕРИОД ЖИЗНИ ОТ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ХЛОРИДА КОБАЛЬТА В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ.....	161

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

<i>С.Н. Алейник, Ю.А. Китаёв, А.А. Сидоренко</i> МЕТОДИКА МОНИТОРИНГА РИСКОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕГИОНА.....	169
<i>В.Н. Гончаров, А.Ф. Дорофеев, И.В. Толок, Д.Ю. Чугай</i> ТЕНДЕНЦИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА.....	177
<i>А.Ф. Дорофеев, А.М. Восковых, И.А. Стафеева, Е.Н. Девальд, О.М. Мармурова, Е.Е. Зуева</i> АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	187
<i>А.Ф. Дорофеев, Ю.Ю. Голубятникова</i> ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПАСПОРТИЗАЦИИ.....	194
<i>Р.В. Капинос, Ю.П. Бреславец, А.И. Добрунова, А.П. Бреславец, П.И. Бреславец</i> ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРОГНОЗНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	203
<i>В.Б. Попова, А.С. Лосева</i> АНАЛИЗ ВАЛОВОЙ ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	217
<i>Н.И. Човган, З.Ч. Пак</i> РОЛЬ МАРКЕТИНГОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	226
<i>М.Н. Шевченко, В.Н. Лебедь</i> К ВОПРОСУ О СООТНОШЕНИИ «МОТИВАЦИЯ ТРУДА – УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ ПЕРСОНАЛА».....	235
Руководство для авторов	242

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY

<i>S.V. Kartsev, I.N. Kravchenko, A.G. Pastukhov, I.S. Kartsev</i> INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE CUTTING EDGES OF BEET CUTTING KNIVES BY THE PLASMA METHOD.....	9
<i>A.V. Kolomeichenko, I.V. Gribov, R.Yu. Solovyev, M.V. Shipov, M.K. Bykov</i> R&D AS A BASIS FOR BUILDING THE INNOVATIVE POTENTIAL OF AGRICULTURAL MACHINERY ENTERPRISES.....	16
<i>I.N. Kravchenko, S.V. Kartsev, A.G. Pastukhov, O.A. Sharaya</i> METHOD FOR EVALUATION OF THE THERMAL EFFICIENCY OF PLASMA-POWDER WELDING WITH CONSIDERING THERMAL EFFICIENCY AND THICKNESS OF BASE METAL PENETRATION.....	23
<i>N.V. Ksenz, I.V. Yudaev, S.P. Psyukalo</i> DRIVING FORCES OF AGRICULTURAL TECHNOLOGICAL PROCESSES.....	32
<i>I.S. Kuznetsov, V.N. Logachev, N.V. Titov, N.S. Chernyshov</i> STUDIES OF WEAR OF PARTS OF A PLUNGER PAIR OF AN AXIAL PISTON HYDRAULIC PUMP.....	40
<i>A.V. Machkarin, A.V. Ryzhkov</i> THEORETICAL STUDIES OF THE WORKING PROCESS OF THE DISPENSER STEM FEED.....	46
<i>A.G. Minasyan, A.S. Kolesnikov</i> METHOD OF CALCULATION OF THE GEOMETRIC PROFILE STRESSED SEGMENTS FOR ROLLER SHREDDERS.....	59
<i>A.G. Pastukhov, I.S. Berezhnaya, A.P. Slobodyuk</i> THE CHOICE OF CORROSION-RESISTANT STEEL FOR THE MANUFACTURE OF CAST EXHAUST PIPE.....	66
<i>V.A. Petrov, P.V. Dorodov, L.Ya. Lebedev</i> PHYSICAL MODELING OF THE WEAR OF THE BLADE DRUM OF A HAMMER CRUSHER WITH OPTIMAL DESIGN.....	74
<i>M.I. Romanchenko</i> BALANCES OF ENERGY, POWER, MOMENTS AND FORCES DURING WHEEL ROLLING IN FREE AND DRIVING MODES BASED ON LINEAR AND ANGULAR DISPLACEMENTS OF TIRE AND WHEEL POINTS.....	81
<i>E.V. Soloviev</i> DETERMINATION OF THE PERMISSIBLE VERTICAL LOAD ON THE TRACTOR HYDRAULIC HINGE FROM THE TRAILER SIDE.....	91

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY

<i>A.V. Akinchin, S.A. Linkov, L.N. Kuznetsova, T.S. Morozova</i> EVALUATION OF THE MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF CHERNOZHEM SOILS UNDER THE INFLUENCE OF AGROTECHNICAL FACTORS.....	98
<i>V.I. Zheltukhina, S.I. Panin, L.A. Manokhina</i> MORPHOSTRUCTURAL CHARACTERISTICS OF SOYBEANS DEPENDING ON THE INTRODUCTION OF VARIOUS DOSES OF LITTER CHICKEN MANURE INTO THE SOIL.....	108
<i>N.I. Kloster, V.V. Lotkova, V.B. Azarov</i> LAND MONITORING AS A TOOL FOR CONTROLLING SOIL DEGRADATION PROCESSES.....	115
<i>M.A. Kulikova, A.G. Stupakov, A.V. Lodygin, T.S. Morozova</i> CHANGES IN MORPHOMETRIC PARAMETERS OF SOYBEAN SEEDLINGS AND ROOTS DEPENDING ON INCREASING DOSES OF COBALT CHLORIDE.....	123
<i>E.A. Pandyurin, A.V. Svyatchenko, N.Yu. Kiryushina</i> USE OF ARTIFICIAL SOIL MIXTURE FOR RESTORATION OF DISTURBED TERRITORIES.....	130
<i>S.V. Rezyakova, L.P. Eremin, A.V. Tarakin, N.I. Botuz</i> THE EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL PRODUCTS IN PROTECTING SOYBEAN CROPS FROM FUNGAL DISEASES AND INCREASING THE YIELD AND QUALITY OF SEEDS.....	137
<i>S.I. Smurov, A.S. Golubev, O.V. Grigorov, N.V. Duyn</i> THE EFFECTIVENESS OF A CROSS-SPECTRUM HERBICIDE IN SPRING BARLEY CROPS IN THE BELGOROD REGION.....	143
<i>A.A. Khalilov, P.B. Bayramova, K.F. Abilova</i> COMPILATION OF OPEN LAND BONUS SCALES IN CADASTRAL AREAS.....	150
<i>Ju.O. Chernykh, M.A. Kulikova, A.G. Stupakov</i> DEPENDENCE OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF FLAX AND FENUGREEK IN EARLY LIFE FROM DIFFERENT CONCENTRATIONS OF COBALT CHLORIDE IN TYPICAL CHERNOZEM.....	161

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

<i>S.N. Aleinik, Yu.A. Kitaev, A.A. Sidorenko</i> METHODOLOGY FOR MONITORING RISKS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION.....	169
<i>V.N. Goncharov, A.F. Dorofeev, I.V. Tolok, D.Yu. Chugay</i> TRENDS AND PATTERNS IN THE DEVELOPMENT OF THE LABOR POTENTIAL OF THE REGION.....	177
<i>A.F. Dorofeev, A.M. Voskovykh, I.A. Stafeeva, E.N. Devald, O.M. Marmurova, E.E. Zueva</i> ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTION.....	187
<i>A.F. Dorofeev, Yu.Yu. Golubyatnikova</i> FORMATION OF A RISK MANAGEMENT ALGORITHM BASED ON RISK CERTIFICATION TOOLS.....	194
<i>R.V. Kapinos, Yu.P. Breslavets, A.I. Dobrunova, A.P. Breslavets, P.I. Breslavets</i> FEATURES OF CALCULATION OF FORECAST INDICATORS OF THE DEVELOPMENT OF THE RURAL AGROECOSYSTEM TO ENSURE RATIONAL NATURE MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN AGRICULTURAL PRODUCTION.....	203
<i>V.B. Popova, A.S. Loseva</i> ANALYSIS OF GROSS AGRICULTURAL OUTPUT IN THE TAMBOV REGION.....	217
<i>N.I. Chovgan, Z.Ch. Pak</i> THE ROLE OF MARKETING TOOLS IN INNOVATIVE DEVELOPMENT AGRICULTURAL ENTERPRISES.....	226
<i>M.N. Shevchenko, V.N. Lebed</i> ON THE QUESTION OF THE RELATIONSHIP «WORK MOTIVATION – STAFF SATISFACTION».....	235
Guidelines for authors	242

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 621.78.015.07

С.В. Карцев, И.Н. Кравченко, А.Г. Пастухов, И.С. Карцев

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ КРОМОК СВЕКЛОРЕЗНЫХ НОЖЕЙ ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ

Аннотация. Технологические требования к измельчению сахарной свеклы свеклосахарного производства агропромышленного комплекса России обусловлено необходимостью технического обеспечения условий для получения диффузионного сока. Для этого важно обеспечить биологически и технически обоснованное частое продольно-поперечное изрезание сахарной свеклы. При этом качество свекловичной стружки, получаемое в центробежных свеклорезках при соблюдении технических и технологических условий, зависит от технического состояния свеклорезных ножей, поскольку только их размеры и состояние режущей кромки обеспечивают оптимальные длину и проницаемость свекловичной стружки. Одним из перспективных методов повышения износостойкости режущей кромки ножа является плазменный метод упрочнения, наиболее полно удовлетворяющий предъявляемым требованиям. Для достижения поставленной цели исследования в статье предложена новая высокоэффективная технология упрочнения режущих кромок ножей плазменным упрочнением. Результаты эксплуатационных испытаний показали, что в установленном оптимальном интервале длина стружки в 100 г навески, составила 11...12 м, ее проницаемость 170...180 л/ч. При этом потери сахарозы не превышают 2...5%. Данные параметры были обеспечены в начальный период работы центробежной свеклорезки за счет остроты режущих кромок ножей, упрочненных плазменным методом.

Ключевые слова: долговечность, износостойкость, ресурс работы, плазменный метод, плазматрон, плазменное упрочнение, свеклорезные ножи, режущая кромка, центробежная свеклорезка.

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE CUTTING EDGES OF BEET CUTTING KNIVES BY THE PLASMA METHOD

Abstract. Technological requirements for the grinding of sugar beets of sugar beet production of the agro-industrial complex of Russia are due to the need to provide technical conditions for obtaining diffusion juice. For this, it is important to provide biologically and technically justified frequent longitudinal and transverse cutting of sugar beet. At the same time, the quality of beet chips obtained in centrifugal beet cutters, subject to technical and technological conditions, depends on the technical condition of the beet cutters, since only their dimensions and the state of the cutting edge provide the optimal length and permeability of beet chips. One of the promising methods for increasing the wear resistance of the cutting edge of a knife is the plasma hardening method, which most fully meets the requirements. To achieve the goal of the study, the article proposes a new highly efficient technology for hardening the cutting edges of knives by plasma hardening. The results of operational tests showed that in the established optimal range, the length of the chips per 100 g of sample was 11...12 m, and its permeability was 170...180 l/h. In this case, the loss of sucrose does not exceed 2...5%. These parameters were provided in the initial period of operation of the centrifugal beet cutter due to the sharpness of the cutting edges of the knives hardened by the plasma method.

Keywords: durability, wear resistance, resource of work, plasma method, plasma torch, plasma hardening, beet cutting knives, cutting edge, centrifugal sugar beet cutter.

Введение. Наиболее рациональными схемами измельчения сахарной свеклы признаны технологии, обеспечивающие ромбовидную форму стружки [1-3]. Это объясняется необходимостью обеспечения технологически важного показателя качества стружки, характеризуемого ее длиной, приходящейся на 100 г навески. Следовательно, соблюдение размерных параметров стружки ромбовидной или прямоугольной формы и ее проницаемости, является основой рентабельности свеклосахарного производства АПК.

Для получения ромбовидной формы стружки используют центробежные свеклорезки (таблица 1), где в ножевых рамах установлены ножи. Главным конструктивно-технологическим достоинством данных ножей является отсутствие зон защемления изрезаемого материала, со сторон режущей кромки грани открыты, что позволяет получать стружку высокого качества.

Ножи изготавливаются из специального профильного проката двух типов: безреберные типа 1011-В и ребристые типа 1017-П. Для изготовления ножей применяется инструмен-

тальная сталь марки У8А (заменители У7А, У7, У10А, У10). Ножи безреберные изготавливаются левые и правые двух исполнений – А и Б. В ножевую раму центробежной свеклорезки устанавливают по одному ножу левому и одному правому исполнения А или Б. При такой установке режущая кромка в стыке двух ножей не нарушается. Общий вид свеклорезного ножа представлен на рисунке 1. Режущая кромка ножа складывается из острых граней, расположенных под углом 75°.

Таблица 1 – Технические характеристики машин для нарезания сахарной свеклы

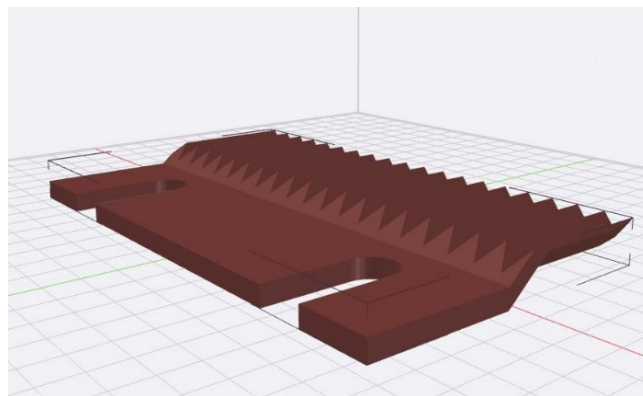
Показатель	Наименование модели		
	T2M-СЦ2Б-12	T2M-СЦ2Б-16	T2M-СЦ2Б-24
Количество ножевых рам, шт.	12	16	24
Производительность при средней скорости резания, тон/сутки	1500	2000	3100
Скорость резания регулируемая, м/с	4-8	4-8	4-8
Рабочее давление воздуха при продувке ножей, МПа	0,6-0,8	0,6-0,8	0,6-0,8
Расход воздуха при продувке ножей, м³	0,2	0,2	0,2

Требуемый профиль стружки в центробежной свеклорезке получается за счет изменения взаимного расположения ножей в соседних ножевых рамах. Свеклорезные ножи устанавливаются в ножевой раме с помощью прижимной планки и двух шпилек так, чтобы их режущая часть выступала над контрольной планкой ножевой рамы. Подъем ножа (расстояние от контрольной планки до лезвия ножа) регулируется в зависимости от качества свеклы, типа диффузионного аппарата и выбирается в следующих пределах:

- свежая здоровая свекла 2,5...3 мм;
- вялая или волокнистая свекла 3,0...3,5 мм;
- подмороженная или деревянистая свекла 3,5...4,0 мм.



а – общий вид;



б – аксонометрическая модель

Рис. 1 – Нож свеклорезный тип 1011-В

Основными дефектами ножей являются сколы и смятия граней, изменение их формы, разрушения режущих кромок и др. [4, 5]. Основные дефекты свеклорезных ножей представлены на рисунке 2.

Анализ причин потери работоспособности ножей показывает [6, 7], что на их работоспособность оказывают большое влияние полные и частичные отказы. Частичные отказы ножей связаны с непрерывным процессом измельчения сахарной свеклы и взаимодействием с абразивными частицами, поступающими вместе с сахарной свеклой. В результате происходит изнашивание режущих кромок. При этом увеличение радиуса округления режущих кромок, характеризующего их остроту, приводит к возрастанию усилия резания и как следствие к ухудшению качества свекловичной стружки. Следовательно, повысить долговечность свеклорезных ножей возможно с помощью изменения марки материала, либо за счет приме-

нения высокоэффективных технологий поверхностного плазменного упрочнения режущих кромок [8, 9].



a – сколы и смятия граней;

б – износ режущих кромок

Рис. 2 – Основные дефекты стеклорезного ножа

Цель исследования заключается в разработке высокоэффективных технологий восстановления режущих кромок ножей центробежных свеклорезок плазменным упрочнением и выборе рациональных режимов нанесения плазменных покрытий на режущие кромки ножей, подверженных интенсивному износу в процессе эксплуатации.

Объект и методы исследований. В качестве объекта исследования принимали ножи свеклорезные безреберные, изготовленные из инструментальной стали марки У8А. Торцовку затупленных свекловичных ножей осуществляли на специальных заточных станках. Достоинством данного способа восстановления работоспособности свекловичного ножа, как и других видов режущего инструмента, является возможность его перезаточки. Нормативно наработка свекловичного ножа до переточки составляет не менее 6 ч, а установленный ресурс работы – не менее 32 ч [10]. Количество перезаточек зависит от регламентированной длины граней. С учетом того, что при каждой заточке снимается слой металла 1...2 мм, количество заточек ограничено и не превышает 4...6.

Для плазменного упрочнения режущих кромок свеклорезных ножей использовали низкотемпературную плазму, полученную в плазматроне плазменной установки с дополнительным блоком жидкостного питателя [11, 12]. В качестве рабочих реагентов жидкостного питателя использовали кремнийорганическую жидкость типа гексаметилдисилизан отечественного производителя. Используемое для этой цели оборудование является малогабаритным и низкоэнергоемким.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты проведенных исследований показывают, что незначительное (10...15%) увеличение размера округления режущих кромок (рисунок 3) приводит к образованию на поверхности свекловичной стружки ворсистой, что затрудняет процесс извлечения сахарозы в диффузионных аппаратах. Необходимо отметить, что к концу смены процесс изнашивания интенсифицируется, что напрямую связано с состоянием режущей кромки, резко изменяется процесс резания, длина стружки при этом уменьшается, а проницаемость снижается на 28...30% [2].

Разработанный технологический процесс плазменного упрочнения свеклорезного ножа состоит из операций предварительной очистки режущей кромки и непосредственно упрочнения обрабатываемой поверхности путем взаимного перемещения ножа и плазмотрона. Скорость перемещения плазмотрона составляла 3...4 мм/с, расстояние между плазмотроном и ножом – 5...15 мм, диаметр пятна упрочнения – 10...15 мм, ток дуги плазмотрона – 200 А, толщина покрытия – 1...5 мкм. Температура нагрева свеклорезного ножа не превы-

шала - 150...200°C. Параметры шероховатости режущей кромки ножа после плазменного упрочнения не изменились.



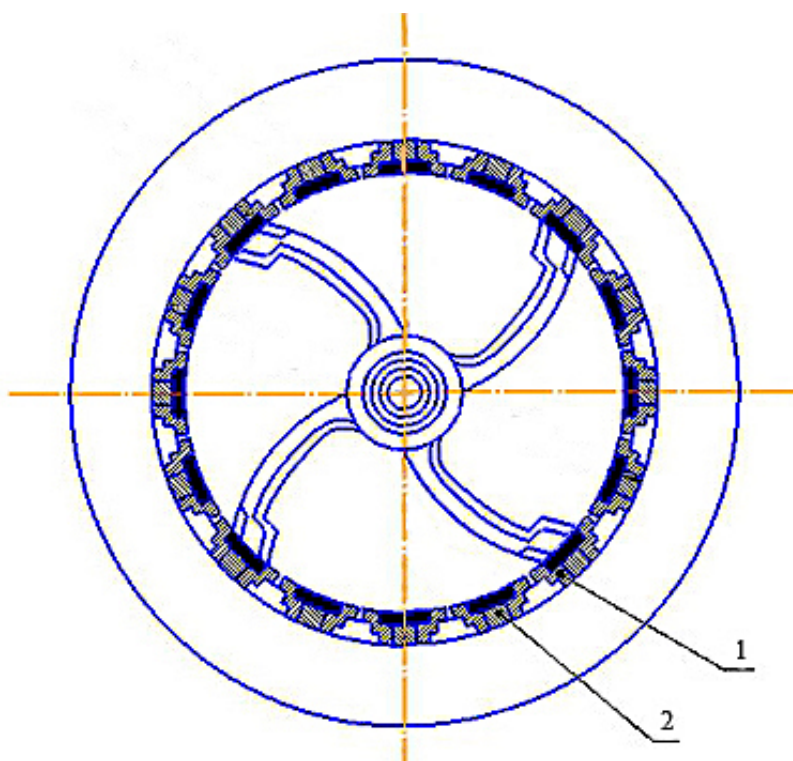
Рис. 3 – Округление режущей кромки ножа центробежной свеклорезки (увеличение $\times 100$)

Эксплуатационные испытания свеклорезных ножей проводили в реальных производственных условиях свеклосахарного производства. Испытаниям подвергались упрочненные свеклорезные ножи типа 1011-В, установленные в шестнадцатирамную центробежную машину для нарезания сахарной свеклы модели Т2М-СЦ2Б-16 (рисунок 4).

С целью создания идентичных условий испытаний центробежную машину комплектовали двухножевыми рамами по схеме, представленной на рисунке 5 (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 и 15 – ножи упрочненные и 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 и 16 – ножи без упрочнения). Это позволило контролировать техническое состояние свеклорезных ножей и качество свекловичной стружки ежемесячно при проведении технического обслуживания центробежных свеклорезок.



Рис. 4 – Центробежная машина для нарезания сахарной свеклы Т2М-СЦ2Б-16



1 – ножи упроченные; 2 – ножи без упрочнения

Рис. 5 – Схема установки ножевых рам в центробежной машине для нарезания сахарной свеклы модели Т2М-СЦ2Б-16

Регистрацию технического состояния режущих кромок ножей при эксплуатации осуществляли в соответствии с регламентом, установленным на предприятии, согласно которому замену свеклорезных ножей с предельными износами режущих кромок и усталостными разрушениями проводили после окончания каждой смены.

Оценку стойкости производили по периоду стойкости до появления фаски износа на задней внутренней поверхности режущей кромки свеклорезного ножа ($I_n=0,3$ мм). Результаты испытаний свеклорезных ножей с упрочняющим покрытием представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний свеклорезных ножей с упрочняющим покрытием

Состав низкотемпературной плазмы при нанесении упрочняющего покрытия, % по массе					Период стойкости, ч
Азот	Водород	Кремний	Углерод	Горячие углеводороды	
0,15	3,0	0,30	0,15	4,0	26

В начальный период работы центробежной свеклорезки в установленном оптимальном интервале длина стружки в 100 г навески составила 11-12 м, ее проникаемость – 170-180 л/ч, при этом потери сахарозы не превысили 2-5%. При предельном износе процесс резания происходил с ощутимым воздействием упругой деформации сахарной свеклы, что приводит к отклонениям от оптимальной толщины стружки, которая должна составлять 5 мм. По причине данных изменений длина стружки тоже уменьшилась.

Таким образом, ножи центробежной свеклорезки, упрочненные плазменным методом, обеспечивают измельчение сахарной свеклы скользящим резанием. Такое резание позволило получить сахарозосодержащую стружку с улучшенными характеристиками и свойствами, а также совершенно гладкой поверхностью без изломов и шероховатых кромок. Это объясняется необходимостью обеспечения технологически важного показателя качества стружки, характеризуемого ее длиной, приходящейся на 100 г навески.

Выводы. На основании представленных материалов можно сделать следующие обобщения.

1. Повышение износостойкости режущих кромок свеклорезных ножей, упрочненных плазменным методом, обеспечивает соблюдение размерных параметров свекловичной стружки ромбовидной формы и ее проницаемости.

2. В установленном оптимальном интервале длина стружки в 100 г навески составила 11...12 м, ее проницаемость – 170...180 л/ч. При этом потери сахарозы не превысили 2...5%. Данные параметры были обеспечены в начальный период работы центробежной свеклорезки, что является основой рентабельности свеклосахарного производства.

Библиография

1. Голыбин, В.А. Технологическое оборудование сахарных заводов / В.А. Голыбин, В.А. Федорук, Н.Г. Кульнева. Воронеж : ВГУИТ, 2012. 172 с.
2. Ковылин, А.П. Повышение долговечности ножей центробежных свеклорезок восстановлением и упрочнением граней пластическим деформированием: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Ковылин Анатолий Петрович. Саратов, 2016. 211 с.
3. Карцев, С.В. Инженерные рекомендации по восстановлению быстроизнашивающихся деталей технологического оборудования свеклосахарного производства плазменным напылением с последующим оплавлением / С.В. Карцев, И.Н. Кравченко, И.С. Карцев [и др.] // Трибология – машиностроению. Труды XIII Международной научно-технической конференции. М. : ИМАШ РАН, 2020. С. 117-121.
4. Белик, Г.В. Справочник по технологическому оборудованию сахарных заводов / В.Г. Белик, С.А. Зозуля, Б.Н. Жарик [и др.]; под ред. Г.В. Белика. Киев : Техника, 1982. 304 с.
5. Гребенюк, С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов / С.М. Гребенюк [и др.]. М. : КолосС, 2007. 520 с.
6. Азрилевич, М.Я. Технологическое оборудование свеклосахарных заводов / М.Я. Азрилевич. М. : Агропромиздат, 1986. 320 с.
7. Оборудование для сахарной промышленности / ООО ФАРСАЛ // Таганрог. 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://farsal.ru/spravochnik/sakharnaya-promyshlennost.html>
8. Кравченко, И.Н. Ресурсосберегающие плазменные технологии при ремонте перерабатывающего оборудования: монография / И.Н. Кравченко, М.А. Глинский, С.В. Карцев [и др.]. М. : ИНФРА-М, 2021. 202 с.
9. Соснин, Н.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров / Н.А. Соснин, С.А. Ермаков, П.А. Тополянский. СПб : Изд-во Политехнического университета, 2013. 406 с.
10. Ножи свеклорезные 1011-В / АО Шебекинский машиностроительный завод // Шебекино. 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.shemz.ru/shop/products/produkcija/prochee/oborudovanie-dlya-saharnoj-promyshlennosti/product/nozh-sveklorезnyj-1011-v/>
11. Плазмотрон для плазменной наплавки: патент № 92238 Российская Федерация, МПК H01J 1/02 / С.В. Карцев; заявл. 18.06.2009; опубл. 10.03.2010. Бюл. № 7.
12. Установка для плазменного напыления: патент № 66341 Российская Федерация, МПК C23C 4/00 / С.В. Карцев, И.Н. Кравченко А.Ю. Гурциев; заявл. 11.04.2007; опубл. 10.09.2007. Бюл. № 25.

References

1. Golybin, V.A. Tekhnologicheskoye oborudovaniye sakharnykh zavodov [Technological equipment of sugar factories] / V.A. Golybin, V.A. Fedoruk, N.G. Kul'neva. Voronezh : VGUIT, 2012. 172 p.
2. Kovylin, A.P. Povysheniye dolgovechnosti nozhey tsentrobezhnykh sveklorезok vosstanovleniyem i uprochneniyem graney plasticheskim deformirovaniyem [Increasing the durability of knives of centrifugal beet cutters by restoring and hardening faces by plastic deformation]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03 / Kovylin Anatoliy Petrovich. Saratov, 2016. 211 p.
3. Kartsev, S.V. Inzhenernyye rekomendatsii po vosstanovleniyu bystroiznashivayushchikhsya detaley tekhnologicheskogo oborudovaniya sveklosakharnogo proizvodstva plazmennym napyleniyem s posleduyushchim oplavleniyem [Engineering recommendations for the restoration of wear parts of technological equipment of beet sugar production by plasma spraying with subsequent reflow] / S.V. Kartsev, I.N. Kravchenko, I.S. Kartsev [et al.] // Tribologiya – mashinostroyeniye. Trudy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. M. : IMASH RAN, 2020. 117-121.
4. Belik, G.V. Spravochnik po tekhnologicheskomy oborudovaniyu sakharnykh zavodov [Handbook on technological equipment of sugar factories] / V.G. Belik, S.A. Zozulya, B.N. Zharik [et al.]; pod red. G.V. Belika. Kiyev : Tekhnika, 1982. 304 p.
5. Grebenyuk, S.M. Tekhnologicheskoye oborudovaniye sakharnykh zavodov [Technological equipment of sugar factories] / S.M. Grebenyuk [et al.]. M. : KolosS, 2007. 520 p.
6. Azrilevich, M.Ya. Tekhnologicheskoye oborudovaniye sveklosakharnykh zavodov [Technological equipment of beet sugar factories] / M.Ya. Azrilevich. M. : Agropromizdat, 1986. 320 p.
7. Oborudovaniye dlya sakharnoy promyshlennosti [Equipment for the sugar industry] / ООО FARSAL // Таганрог. 2021. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://farsal.ru/spravochnik/sakharnaya-promyshlennost.html>

8. Kravchenko, I.N. Resursosberegayushchiye plazmennyye tekhnologii pri remonte pererabatyvayushchego oborudovaniya [Resource-saving plasma technologies in the repair of processing equipment]: Monografiya / I.N. Kravchenko, M.A. Glinskiy, S.V. Kartsev [et al.]. M. : INFRA-M, 2021. 202 p.
9. Sosnin, N.A. Plazmennyye tekhnologii. Rukovodstvo dlya inzhenerov [Plasma technologies. Guide for engineers] / N.A. Sosnin, S.A. Ermakov, P.A. Topolyansky. SPb: Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta, 2013. 406 p.
10. Nozhi svekloreznyye 1011-B [Beet cutter knives 1011-B] / AO Shebekinskiy mashinostroitel'nyy zavod // Shebekino. 2021. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa <http://www.shemz.ru/shop/products/produkcija/prochee/oborudovanie-dlya-saharnoj-promyshlennosti/product/nozh-svekloreznyj-1011-v/>
11. Plazmotron dlya plazmennoy naplavki [Plasmatron for plasma surfacing]: patent N 92238 Rossiyskaya Federatsiya, MPK H01J 1/02 / S.V. Kartsev; zayavl. 18.06.2009; opubl. 10.03.2010. Byul. № 7.
12. Ustanovka dlya plazmennogo napyleniya [Installation for plasma spraying]: patent N 66341 Rossiyskaya Federatsiya, MPK S23S 4/00 / S.V. Kartsev, I.N. Kravchenko A.Yu. Gurtsiev; zayavl. 11.04.2007; opubl. 10.09.2007. Byul. № 25.

Сведения об авторах

Карцев Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН, переулок Малый Харитоньевский, 4, г. Москва, Россия, 101000, тел.: +7 (925) 880-69-50, e-mail: kazo61@mail.ru

Кравченко Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия, 127434, тел.: +7 (916) 242-78-86, e-mail: kravchenko71@yandex.ru

Пастухов Александр Геннадиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +7 (4722) 39-23-90, e-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

Карцев Иван Сергеевич, аспирант, ФГБУН Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН, переулок Малый Харитоньевский, 4, г. Москва, Россия, 101000, тел.: +7 (916) 123-04-22, e-mail: Johnkarcev@gmail.com

Information about authors

Kartsev Sergey Vasiljevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Machine Science named after A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences, Maly Kharitonevsky Lane, 4, Moscow, Russia, 101000, tel. +7 (925) 880-69-50, e-mail: kazo61@mail.ru

Kravchenko Igor Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy», Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russia, 127434, tel. +7 (916) 242-78-86, e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

Pastukhov Alexander Gennadievich, Doctor of Technical Sciences, 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.Ya. Gorin», Vavilova Str., 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +7 (4722) 39-23-90, e-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

Kartsev Ivan Sergeevich, Postgraduate Student, Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Machine Science named after A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences, Maly Kharitonevsky Lane, 4, Moscow, Russia, 101000, tel. +7 (916) 123-04-22; e-mail: Johnkarcev@gmail.com

УДК 658.51

А.В. Коломейченко, И.В. Грибов, Р.Ю. Соловьев, М.В. Шипов, М.К. Быков

НИОКР, КАК ОСНОВА НАРАЩИВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аннотация. Постановлением Правительства РФ от 17 июля 2015 г. № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» установлены требования к промышленной продукции в целях отнесения её к продукции, произведённой на территории России. В целях предоставления предприятиям сельскохозяйственного машиностроения господдержки в рамках государственных и муниципальных закупок и поддержки внутреннего спроса на продукцию производителей вводится балльная оценка, которая регламентирует локализацию изделий компонентной базы соответствующей продукции и устанавливает объём баллов за их выполнение. Кроме того, для начисления баллов за проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и выполнение программ технического перевооружения предприятий сельскохозяйственного машиностроения введено соответствующее требование, выполнение которого благоприятно скажется как для производителя продукции, так и на отрасли машиностроения в целом. Механизм расчета баллов в постановлении Правительства РФ № 719 за деятельность в сфере промышленности в части НИОКР для конкретной модели промышленной продукции, учитывает определенные затраты субъекта деятельности в сфере промышленности, которые определяются в соответствии с Положениями по бухгалтерскому учету, утвержденными Министерством финансов Российской Федерации. Данный механизм позволит повысить эффективность локализации промышленных производств на территории Российской Федерации, дифференцировать предоставление господдержки производителям на основе балльной системы оценки степени локализации производимой техники и оборудования, и придаст импульс для развития отечественной компонентной базы, используемой при их производстве. В работе приводятся методики расчета трех вариантов требований в части начисления баллов за затраты предприятий на НИОКР, которые устанавливаются постановлением Правительства РФ № 719 для различных видов техники и компонентов. Приводится рекомендуемая форма отчета о затратах на НИОКР для производителей промышленной продукции.

Ключевые слова: продукция, производство, компоненты, локализация, затраты, НИОКР, конкурентоспособность, инновационность, балльная оценка.

R&D AS A BASIS FOR BUILDING THE INNOVATIVE POTENTIAL OF AGRICULTURAL MACHINERY ENTERPRISES

Abstract. Decree of the Government of the Russian Federation № 719 dated July 17, 2015 "On confirmation of the production of industrial products on the Territory of the Russian Federation" establishes requirements for industrial products in order to classify them as products manufactured on the territory of Russia. In order to provide agricultural machinery enterprises with state support within the framework of state and municipal procurement and support domestic demand for manufacturers' products, a point assessment is introduced, which regulates the localization of products of the component base of the corresponding products and sets the amount of points for their implementation. In addition, in order to accrue points for research and development and the implementation of technical re-equipment programs for agricultural machinery enterprises, an appropriate requirement has been introduced, the fulfillment of which will have a favorable effect both for the manufacturer of products and for the engineering industry as a whole. The mechanism for calculating points in the Decree of the Government of the Russian Federation № 719 for activities in the field of industry in terms of R&D for a specific model of industrial products takes into account certain costs of the subject of activity in the field of industry, which are determined in accordance with the Accounting Regulations approved by the Ministry of Finance of the Russian Federation. This mechanism will increase the efficiency of localization of industrial production in the territory of the Russian Federation, differentiate the provision of state support to manufacturers based on a point system for assessing the degree of localization of manufactured machinery and equipment, and will give impetus to the development of the domestic component base used in their production. The paper provides methods for calculating three variants of requirements in terms of accrual of points for the costs of enterprises for R&D, which are established by Decree of the Government of the Russian Federation № 719 for various types of equipment and components. The recommended form of the report on R&D costs for manufacturers of industrial products is given.

Keywords: products, production, components, localization, costs, R&D, competitiveness, innovativeness, scoring.

Введение. Производство продукции на основе научных разработок, является важнейшим фактором конкурентоспособности выпускаемой продукции на высоко конкурентных рынках.

В Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года указывается, что для производства техники будет обеспечено наращивание инновационного потенциала за счет активной поддержки проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и выполнения программ технического перевооружения предприятий сельскохозяйственного машиностроения [1, 5-12]. Одним из целевых индикаторов реализации данной Стратегии является доля объема расходов на проведение НИОКР в общем объеме выручки предприятий сельскохозяйственного машиностроения, которая к 2030 году должна составить 3,2%.

Механизм начисления баллов за НИОКР устанавливается постановлением Правительства РФ № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации».

Методы исследования. Исследования проводились на основе комплексного анализа и синтеза информации посредством мониторинга постановлений Правительства России, иных документов, имеющих отношение к научно-технологическому развитию Российской Федерации, сельского хозяйства, сельскохозяйственного машиностроения, а также работы отечественных ученых в данной области.

Результаты исследования и их обсуждение. Механизм расчета баллов в постановлении Правительства РФ № 719 за деятельность в сфере промышленности в части НИОКР для конкретной модели промышленной продукции, учитывает затраты субъекта деятельности в сфере промышленности, которые определяются в соответствии с Положениями по бухгалтерскому учету, утвержденными Минфином России, и включают в себя несколько статей затрат (рисунок 1) [2].



Рис. 1 – Перечень затрат, которые учитываются при расчете баллов за НИОКР

Отчет о затратах на НИОКР представляется предприятием за расчетный период. Значения выручки и затрат на НИОКР, используемые в расчете, должны быть определены за один и тот же расчетный период. Под расчетным периодом понимается календарный год, предшествующий году, в котором осуществляется расчет указанного показателя, а в случае, если произвести расчет одного из показателей «выручка» или «затраты на НИОКР» за расчетный год не представляется возможным, под расчетным периодом понимается период с 1 октября года, предшествующего расчетному году, по 30 сентября расчетного года. Значение

выручки включает в себя всю выручку российского юридического лица от реализации промышленной продукции, произведенной на территории Российской Федерации, на российском рынке за расчетный период.

Расчет показателей «выручка» и «затрат на НИОКР» может быть осуществлен в рамках альянса производителей промышленной продукции - участников одного специального инвестиционного контракта, заключенного с Российской Федерацией, в случае письменного согласия каждого из участников альянса на применение подхода к расчету баллов за НИОКР в рамках альянса.

Показатели «выручка» и «затрат на НИОКР» рассчитываются без учета НДС [3] ввиду наличия отдельных видов работ, освобождаемых от НДС, а также различных ставок НДС для отдельных предприятий.

Затраты компании могут быть учтены при выполнении всех указанных ниже критериев (рисунок 2).



Рис. 2 – Критерии учета затрат компании на НИОКР

Учет одних и тех же затрат в нескольких статьях отчета о затратах на НИОКР, а также повторный учет затрат, использованных в предыдущих периодах для балльной оценки НИОКР, не допускается. Отчет о затратах на НИОКР целесообразно оформлять в представленной форме (таблица 1).

Таблица 1 – Форма отчета о затратах на НИОКР

Наименование показателя	Подтверждающий документ	Значение
Выручка компании, млн. руб.	x	x
Затраты на НИОКР, млн. руб.	x	x
Отношение затрат на НИОКР, реализуемые российскими юридическими лицами на территории Российской Федерации, к объему выручки, %		x
Общая сумма баллов за НИОКР, реализуемые Российскими юридическими лицами на территории Российской Федерации, в соответствии с требованиями раздела III «Продукция отрасли специального машиностроения» приложения к ПП № 719, балл		x
x - графы для заполнения		

Постановление Правительства РФ №719 включает три варианта требований в части начисления баллов за затраты предприятий на НИОКР для различных видов техники и оборудования, а также составляющих их компонентов.

Вариант 1. «Объем затрат на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы составляет 0,3% баллов от максимально возможного количества баллов (без учета баллов за научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы) за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы, понесенных на

территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год, но не более 10% баллов от максимально возможного количества баллов (без учета баллов за научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы) для конкретной модели соответствующей продукции» [4].

Расчет максимального балла за осуществление затрат на НИОКР (МБ_{НИОКР}):

$$МБ_{НИОКР} = \frac{10\% * МБ}{100\%},$$

где МБ – количество баллов, предусмотренное за выполнение операций (условий) при производстве промышленной продукции, начисленное за выполнение всех операций (условий) по изготовлению компонентов, входящих в конструкцию заявленной промышленной продукции (полученное прямым счетом по операциям (условиям)), без учета баллов за осуществление затрат на НИОКР.

Расчет балла за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР (Б_{0,1%}):

$$Б_{0,1\%} = \frac{0,3\% * МБ}{100\%}.$$

Расчет процента годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР (П_{НИОКР}), понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год:

$$П_{НИОКР} = \frac{З_{НИОКР}}{В} * 100\%,$$

где З_{НИОКР} – годовой объем затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР; В – общий объем выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год.

Расчет балла за осуществление затрат на НИОКР (Б_{НИОКР}):

$$Б_{НИОКР} = 10 * П_{НИОКР} * Б_{0,1\%}.$$

Вариант 2. «Объем затрат на НИОКР» составляет Z балла за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы, понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год, но не более 10% баллов от максимально возможного количества баллов (без учета баллов за научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы) для конкретной модели соответствующей продукции» [4].

Расчет максимального балла за осуществление затрат на НИОКР (МБ_{НИОКР}):

$$МБ_{НИОКР} = \frac{10\% * МБ}{100\%},$$

где МБ – количество баллов, предусмотренное за выполнение операций (условий) при производстве промышленной продукции, начисленное за выполнение всех операций (условий) по изготовлению компонентов, входящих в конструкцию заявленной промышленной продукции (полученное прямым счетом по операциям (условиям)), без учета баллов за осуществление затрат на НИОКР.

Расчет процента годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР (П_{НИОКР}), понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год:

$$П_{НИОКР} = \frac{З_{НИОКР}}{В} * 100\%,$$

где З_{НИОКР} – годовой объем затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР; В – общий объем выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год.

Расчет балла за осуществление затрат на НИОКР ($B_{\text{НИОКР}}$):

$$B_{\text{НИОКР}} = 10 * Z * P_{\text{НИОКР}},$$

где Z – балл за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР.

Вариант 3. «Объем затрат на НИОКР» составляет Z балла за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы, понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год, но не более 20% баллов от максимально возможного количества баллов (без учета баллов за научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы) для конкретной модели соответствующей продукции» [4].

Расчет максимального балла за осуществление затрат на НИОКР ($MБ_{\text{НИОКР}}$):

$$MБ_{\text{НИОКР}} = \frac{20\% * MБ}{100\%},$$

где $MБ$ – количество баллов, предусмотренное за выполнение операций (условий) при производстве промышленной продукции, начисленное за выполнение всех операций (условий) по изготовлению компонентов, входящих в конструкцию заявленной промышленной продукции (полученное прямым счетом по операциям (условиям)), без учета баллов за осуществление затрат на НИОКР.

Расчет процента годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР ($P_{\text{НИОКР}}$), понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год:

$$P_{\text{НИОКР}} = \frac{Z_{\text{НИОКР}}}{B} * 100\%,$$

где $Z_{\text{НИОКР}}$ – годовой объем затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР; B – общий объем выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год.

Расчет балла за осуществление затрат на НИОКР ($B_{\text{НИОКР}}$):

$$B_{\text{НИОКР}} = 10 * Z * P_{\text{НИОКР}},$$

где Z – балл за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР.

Выводы. Нарращивание инновационного потенциала отрасли сельскохозяйственного машиностроения за счет проведения НИОКР, с целью достижения целевого индикатора объема затрат в 3,2%, позволит производителям техники и оборудования, а также составляющих их компонентов в рамках постановления Правительства РФ № 719 дополнительно набирать до 10% баллов от максимально возможного количества баллов в зависимости от конструкции промышленной продукции. Полученные дополнительные баллы, позволят на установленный нормативными документами срок получать Заключение Минпромторга России на продукцию и одновременно локализовать производство для нее технологически и технически сложных компонентов.

Библиография

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации 7 июля 2017 г. № 1455-р [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/28393/> (дата обращения: 18.01.2022).
2. Приказ Минфина РФ от 29 июля 1998 г. № 34н «Об утверждении Положения по ведению бухгалтерского учета и бухгалтерской отчетности в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12112848/> (дата обращения: 18.01.2022).
3. Налоговый кодекс Российской Федерации (пп. 16 п. 3 ст. 149 НК РФ) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/10900200/> (дата обращения: 18.01.2022).

4. Постановлением Правительства РФ от 17 июля 2015 г. № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71139412/> (дата обращения: 18.01.2022).
5. Соловьев Р.Ю. О центре сельскохозяйственного машиностроения / Р.Ю. Соловьев, С.В. Черанев, С.Б. Карякин С.Б., А.В. Коломейченко, И.В. Грибов // Технический сервис машин. 2019. № 4 (137). С. 12-18.
6. Соловьев Р.Ю. Актуальность разработки высокотехнологичных тракторов тяговых классов 0,6-2 / Р.Ю. Соловьев, С.В. Черанев, С.Б. Карякин, А.В. Коломейченко, И.В. Грибов // Техника и оборудование для села. 2019. № 11 (269). С. 14-17.
7. Соколяк Г.В. Цифровые инновации в машиностроении / Г.В. Соколяк // Профессиональный журнал. 2019. № 5 (170). С. 26-33.
8. Абрашкин М.С. Научность и инновационное развитие предприятий машиностроения / М.С. Абрашкин // Вестник АГТУ. Сер.: Экономика. 2018. № 4. С. 107-115.
9. Тихомирова О.Г. Диффузия инноваций, трансфер технологий и коммерциализация инноваций / О.Г. Тихомирова // Фундаментальные исследования. 2018. № 1. С. 127-132.
10. Соловьев Р.Ю. Необходимость создания дизель-электрического гусеничного трактора для цифрового сельского хозяйства / Р.Ю. Соловьев, А.В. Коломейченко, С.В. Черанев, И.В. Грибов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 1 (29). С. 9-16.
11. Мазилев Е.А. Тенденции рынка сельхозтехники в России / Е.А. Мазилев, О.С. Демидова // ЭКОНОМИКА И БИЗНЕС: теория и практика. 2019. № 11-2 (57). С. 72-76.
12. Повышение инновационной активности промышленных предприятий: монография / под ред. М.Я. Веселовского. М. : Научный консультант, 2018. 350 с.

References

1. Strategy for Development of Agricultural Engineering Industry in Russia through 2030, approved by Order of Government of the Russian Federation of 7 July 2017 № 1455-r [Electronic Resource]. URL: <http://government.ru/docs/28393/> (accessed: 18.01.2022).
2. Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation dated July 29, 1998 № 34n «On approval of the Regulations on accounting and accounting reporting in the Russian Federation» [Electronic resource]. URL: <https://base.garant.ru/12112848/> (accessed: 18.01.2022).
3. Tax Code of the Russian Federation (Clause 16, clause 3, Article 149 of the Tax Code of the Russian Federation) [Electronic resource]. URL: <https://base.garant.ru/10900200/> (accessed: 18.01.2022).
4. Decree of the Government of the Russian Federation № 719 dated July 17, 2015 «On confirmation of the production of industrial products on the territory of the Russian Federation» [Electronic resource]. URL: <https://base.garant.ru/71139412/> (accessed: 18.01.2022).
5. Soloviev R.Y. O tsentre selskokhozyaystvennogo mashinostroyeniya [About the Center of Agricultural Engineering] / R.Y. Soloviev, S.V. Cheranev, S.B. Karyakin, A.V. Kolomeichenko, I.V. Gribov // Technical service of machines. 2019. № 4 (137). 12-18 p.
6. Soloviev R.Y. Aktualnost' razrabotki vysokotekhnologichnykh traktorov tyagovykh klassov 0,6-2 [The Relevance of developing high-tech tractors of traction classes 0.6-2] / R.Yu. Soloviev, S.V. Cheranev, S.B. Karyakin, A.V. Kolomeichenko, I.V. Gribov // Machinery and equipment for the village. 2019. № 11 (269). 14-17 p.
7. Sokolvyak G.V. Tsifrovyye innovatsii v mashinostroyenii [Digital innovations in mechanical engineering] / G.V. Sokolvyak // Professional Journal. 2019. № 5 (170). 26-33 p.
8. Abrashkin M.S. Naukoymkost i innovatsionnoye razvitiye predpriyatiy mashinostroyeniya [Science intensity and innovative development of machine-building enterprises] / M.S. Abrashkin // Bulletin of AHTU. Ser.: Economics. 2018. № 4. 107-115 p.
9. Tikhomirova O.G. Diffuziya innovatsiy, transfer tekhnologiy i kommertsializatsiya innovatsiy [Diffusion of innovations, technology transfer and commercialization of innovations] / O.G. Tikhomirova // Fundamental Research. 2018. № 1. 127-132 p.
10. Soloviev R.Y. Neobkhodimost sozdaniya dizel'-elektricheskogo traktora dlya tsifrovogo sel'skogo khozyaystva [The need for creation of a diesel-electric tracked tractor for digital agriculture] / R.Y. Soloviev, A.V. Kolomeichenko, S.V. Cheranev, I.V. Gribov // Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives. 2021. № 1 (29). 9-16 p.
11. Mazilov E.A. Tendentsii rynka selkhoztekhniki v Rossii [Agricultural machinery market trends in Russia] / E.A. Mazilov, O.S. Demidova // Journal of Economy and Business. 2019. Vol. 11-2 (57). 72-76 p.
12. Povysheniye innovatsionnoy aktivnosti promyshlennykh predpriyatiy: monografiya / pod red. M.Y. Veselovskogo [Increasing innovation activity of industrial enterprises: monograph / ed. by M.Y. Veselovsky] // Moscow: Scientific Adviser, 2018. 350 p.

Сведения об авторах

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

Грибов Иван Васильевич, кандидат технических наук, ведущий специалист отдела перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения, ФГУП «НАМИ», ул. Автомоторная, д. 2, г. Москва, Россия, 125438, тел. +7(495)456-42-50, доб. 64-23, E-mail: ivan.gribov@nami.ru.

Соловьев Рудольф Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, директор Центра сельскохозяйственного машиностроения, ФГУП «НАМИ», ул. Автомоторная, д. 2, г. Москва, Россия, 125438, тел. +7(495)456-42-50, доб. 65-28, E-mail: rudolf.solovyev@nami.ru.

Шипов Максим Владимирович, начальник управления перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения, ФГУП «НАМИ», ул. Автомоторная, д. 2, г. Москва, Россия, 125438, тел. +7(495)456-42-50, доб. 64-22, E-mail: maxim.shipov@nami.ru.

Быков Михаил Климович, ведущий специалист отдела перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения, ФГУП «НАМИ», ул. Автомоторная, д. 2, г. Москва, Россия, 125438, тел. +7(495)456-42-50, доб. 64-23, E-mail: mikhail.bykov@nami.ru.

Information about authors

Kolomeichenko Aleksandr Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Center of Agricultural Engineering, Federal State Unitary Enterprise «Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute «NAMI», 125438, Moscow, Avtomotornaya St., 2, +7(495)456-42-50, ext. 64-23, E-mail: a.kolomiychenko@nami.ru.

Gribov Ivan Vasilievich, Candidate Technical Sciences, Center of Agricultural Engineering, Federal State Unitary Enterprise «Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute «NAMI», 125438, Moscow, Avtomotornaya St., 2, +7(495)456-42-50, ext. 64-23, E-mail: ivan.gribov@nami.ru.

Solovyev Rudolf Yuryevich, Candidate of Technical Sciences, Center of Agricultural Engineering, Federal State Unitary Enterprise «Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute «NAMI», 125438, Moscow, Avtomotornaya St., 2, +7(495)456-42-50, ext. 65-28, E-mail: rudolf.solovyev@nami.ru.

Shipov Maxim Vladimirovich, Center of Agricultural Engineering, Federal State Unitary Enterprise «Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute «NAMI», 125438, Moscow, Avtomotornaya St., 2, +7(495)456-42-50, ext. 64-22, E-mail: maxim.shipov@nami.ru.

Bykov Mikhail Klimovich, Center of Agricultural Engineering, Federal State Unitary Enterprise «Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute «NAMI», 125438, Moscow, Avtomotornaya St., 2, +7(495)456-42-50, ext. 64-23, E-mail: mikhail.bykov@nami.ru.

УДК 621.878.927.55

И.Н. Кравченко, С.В. Карцев, А.Г. Пастухов, О.А. Шарая

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ С УЧЕТОМ ТЕРМИЧЕСКОГО КПД И ТОЛЩИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА

Аннотация. В статье представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований тепловой эффективности плазменной наплавки порошковыми твердыми сплавами, обеспечивающей более быстрое теплонасыщение и плавление частиц порошка по сравнению с монокристаллическим металлом детали и наплавочной проволокой. На их основе установлены закономерности влияния параметров технологического процесса на формирование покрытий на деталях, восстановленных плазменной наплавкой. Теоретическими исследованиями выявлено, что удельная энергия при плазменной наплавке порошковыми твердыми сплавами в 1,5-2 раза меньше, чем при наплавке электродными проволоками различными способами. Толщина проплавления основного металла при плазменной наплавке составляет 0,10-0,35 мм, производительность в защитной среде аргона – до 12 мм/с; в защитной среде азота и смеси сжатого воздуха и горячих углеводородов – до 14 мм/с. При наплавке по винтовой линии толщина проплавления составляет 0,2-0,5 мм, производительность в среде аргона – 45 см/мин; азота, смеси сжатого воздуха и горячих углеводородов – 70 см/мин. Анализ полученных данных показал, что плазменная наплавка с амплитудой колебаний на всю ширину изношенной поверхности детали позволяет уменьшить толщину проплавления и значительно повысить производительность по сравнению с плазменной наплавкой по винтовой линии. Обоснованы рациональные режимы плазменной наплавки порошковыми твердыми сплавами на основе железа (ПГ-С1, ПГ-ФБХ-6-2) и на основе никеля (ПГ-СР3, ПГ-СР4) в различных защитных газовых средах (аргон, углекислый газ, азот, сжатый воздух, горячие углеводороды). По результатам работы определено, что плазменная наплавка порошковыми твердыми сплавами дает значительный эффект при восстановлении изношенных деталей с небольшим износом, не превышающим 0,4 мм на сторону. При плазменной наплавке с поперечными колебаниями плазматрона рекомендуется наплавлять покрытия толщиной до 1,5 мм, по винтовой линии – до 2,4 мм.

Ключевые слова: тепловая эффективность, плазменная наплавка, толщина проплавления, порошковые твердые сплавы, оптимизация режимов.

METHOD FOR EVALUATION OF THE THERMAL EFFICIENCY OF PLASMA-POWDER WELDING WITH CONSIDERING THERMAL EFFICIENCY AND THICKNESS OF BASE METAL PENETRATION

Abstract. The article presents the results of computational and experimental studies of the thermal efficiency of plasma surfacing with powder hard alloys, which provides faster heat saturation and melting of powder particles compared to the monolithic metal of the part and the surfacing wire. On their basis, regularities of the influence of technological process parameters on the formation of coatings on parts restored by plasma surfacing are established. Theoretical studies have shown that the specific energy in plasma hardfacing with powder hard alloys is 1.5-2 times less than in hardfacing with electrode wires by various methods. The penetration thickness of the base metal during plasma surfacing is 0.10-0.35 mm, the productivity in a protective argon environment is up to 12 mm/s; in a protective environment of nitrogen and a mixture of compressed air and hot hydrocarbons – up to 14 mm/s. When surfacing along a helical line, the penetration thickness is 0.2-0.5 mm, the productivity in argon is 45 cm/min; nitrogen, a mixture of compressed air and hot hydrocarbons – 70 cm/min. An analysis of the data obtained showed that plasma surfacing with an amplitude of oscillations over the entire width of the worn surface of the part makes it possible to reduce the penetration thickness and significantly increase productivity compared to plasma surfacing along a helix. Rational modes of plasma surfacing with iron-based (PG-C1, PG-FBKh-6-2) and nickel-based (PG-SR3, PG-SR4) hard alloys in various protective gaseous media (argon, carbon dioxide, nitrogen, compressed air, hot hydrocarbons). Based on the results of the work, it was determined that plasma surfacing with powder hard alloys gives a significant effect in the restoration of worn parts with little wear, not exceeding 0.4 mm per side. In plasma surfacing with transverse oscillations of the plasma torch, it is recommended to deposit coatings up to 1.5 mm thick, along a helix - up to 2.4 mm.

Keywords: thermal efficiency, plasma welding, penetration thickness, powder hard alloys, optimization of modes

Введение. При выполнении плазменной наплавки дуга плазматрона обеспечивает нагрев, проплавление основного металла и расплавление присадочного металла. Соотношение этих металлов характеризуется площадями проплавления и наплавки. Основными критериями технологического процесса плазменной наплавки являются толщина проплавления основно-

го металла и производительность [1-3]. При этом рациональным режимом плазменной наплавки следует считать такой режим, который обеспечивает максимальную производительность при минимально допустимой толщине проплавления. Поддержание оптимального режима плазменной наплавки обусловлено технико-экономическими соображениями, предусматривающими уменьшение нагрева восстанавливаемой детали, сокращение расхода электроэнергии, наплавочного металла и др. [4]. Поэтому изучение плазменной наплавки и особенно толщины проплавления основного металла с целью выбора рациональных режимов имеет исключительно большое значение [5-7].

Для определения толщины проплавления и других параметров плазменной наплавки проведены исследования, базировавшиеся на возможности использования отдельных положений и расчетных схем распространения тепла и их применения с учетом специфики процесса и используемых наплавочных материалов [8-10]. Управление тепловыми условиями плазменно-порошковой наплавки, а также выбор рациональных режимов диктуют необходимость перехода к автоматизированному проектированию процессов нанесения покрытий на основе теории тепловых процессов при сварке [11-13].

Цель исследования – разработка методики определения термического КПД и расчета толщины проплавления основного металла деталей, учитывающая особенности плазменной наплавки порошковых твердых сплавов в различных защитных газовых средах.

Материалы и методы исследования. Основные параметры режима плазменной наплавки принимались аналогичными параметрам электродуговой наплавки в среде защитных газов [14]. При этом в качестве дополнительных параметров, оказывающих наибольшее влияние на выбор рациональных режимов плазменной наплавки, выступали диаметр и длина плазмообразующего сопла.

Исследования процесса плазменной наплавки проводили с применением порошковых твердых сплавов в различных защитных газовых средах (аргоне, азоте, углекислом газе, смеси сжатого воздуха и горячих углеводородов). Защитные газы одновременно выполняют роль газов, транспортирующих порошок. В качестве плазмообразующего газа во всех случаях применяли аргон с расходом 1,5-2 л/мин.

Плазменную наплавку проводили на образцах, изготовленные из стали 45 диаметром 30-90 мм длиной 300 мм как с колебаниями плазмотрона (за один оборот образца), так и по винтовой траектории. Амплитуда колебаний составляла 27 мм, ширина плазменной наплавки 30 мм, частота колебаний 0,5-1,2 Гц. Сила тока выбиралась от 100 до 240 А, напряжение от 25 до 55 В (в зависимости от вида защитного газа). Скорость плазменной наплавки изменяли от 0,1 до 0,45 см/с при широкослойной наплавке и от 0,5 до 2,2 см/с – при плазменной наплавке по винтовой траектории.

Для поддержания геометрических параметров покрытий плазменную наплавку производили на образцы, охлажденные до комнатной температуры. Наплавленные образцы растачивали до размера стенки цилиндра, равной 10 мм, после чего разрезали в продольном и поперечном направлениях. По изготовленным шлифам после травления измеряли на микроскопе зоны плазменной наплавки, толщины проплавления и термического влияния. Площадь проплавления измеряли планиметром на увеличенных изображениях шлифов.

Расчет толщины проплавления основного металла при плазменной наплавке порошковых твердых сплавов в различных защитных газовых средах. На толщину проплавления плазменная дуга оказывает не только тепловое, но и силовое воздействие. На рисунке 1 представлена зависимость давления дуги плазмотрона от силы тока при использовании различных защитных газовых сред.

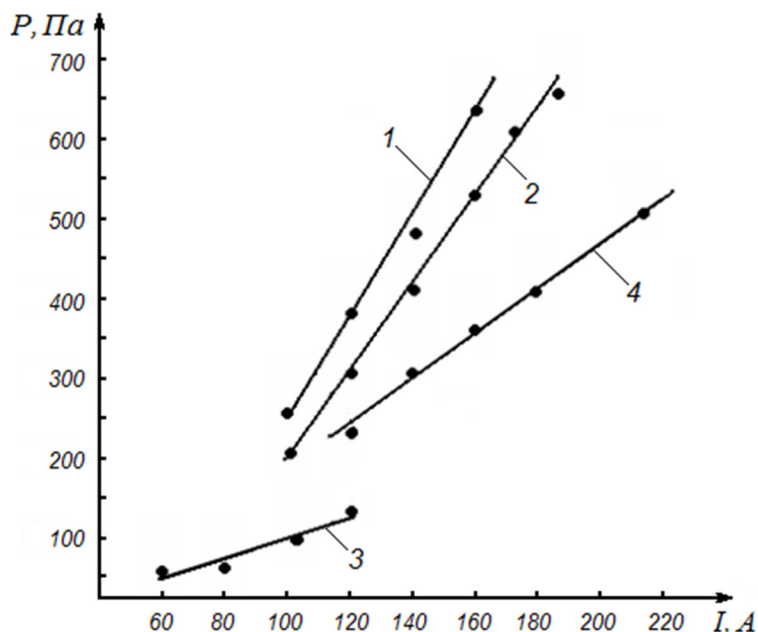
Полная тепловая эффективность плазменной наплавки оценивается тепловым КПД, представленным формулой:

$$\eta = \eta_{np} + \eta_{напл}, \quad (1)$$

где η_{np} – КПД проплавления основного металла; $\eta_{напл}$ – КПД плазменной наплавки.

Поскольку полная тепловая эффективность плазменной наплавки складывается из процесса проплавления и наплавки, то рассмотрим эти процессы в отдельности.

Для расчета толщины проплавления необходимо знать, какая доля теплоты, подводимой к плазматрону, расходуется на проплавление основного металла. Нагрев основного металла теплотой дуги плазматрона оценивается эффективным КПД (η_u), который представляет собой отношение эффективной мощности дуги к полной тепловой мощности дуги и определяется калориметрическими методами [15, 16]. Значение η_u при плазменной наплавке составляет 0,68-0,72. Эффективная тепловая мощность дуги меньше полной тепловой мощности $\eta_u = JU$, так как часть теплоты плазменной дуги ($IU - IU\eta_u$) посредством конвекции, радиации и других потерь поглощается окружающей средой.



1, 2 – плазменная наплавка сжатой дугой прямого действия в среде защитных газов азота и аргона; 3 – сжатая дуга косвенного действия (плазмообразующий газ аргон, расход 2 л/мин); 4 – аргонодуговая наплавка (прямая полярность). Расход защитных газов 8-12 л/мин, расстояние от изделия до плазматрона 10-12 мм

Рис. 1 – Зависимость давления дуги от силы тока

В свою очередь на нагрев и расплавление зоны проплавления затрачивается только часть эффективной мощности, оцениваемая термическим КПД (η_t). Остальная теплота в результате теплопроводности затрачивается на подогрев массы основного металла, окружающей зону проплавления, и на перегрев расплавленного металла выше температуры плавления. Термический КПД зависит от ряда факторов, к основным из которых относятся мощность дуги плазматрона, скорость и ширина наплавки, а также размеры детали и характер ввода тепла в изделие.

С учетом размеров зоны проплавления и параметров режима плазменной наплавки получено выражение для определения коэффициента η_t :

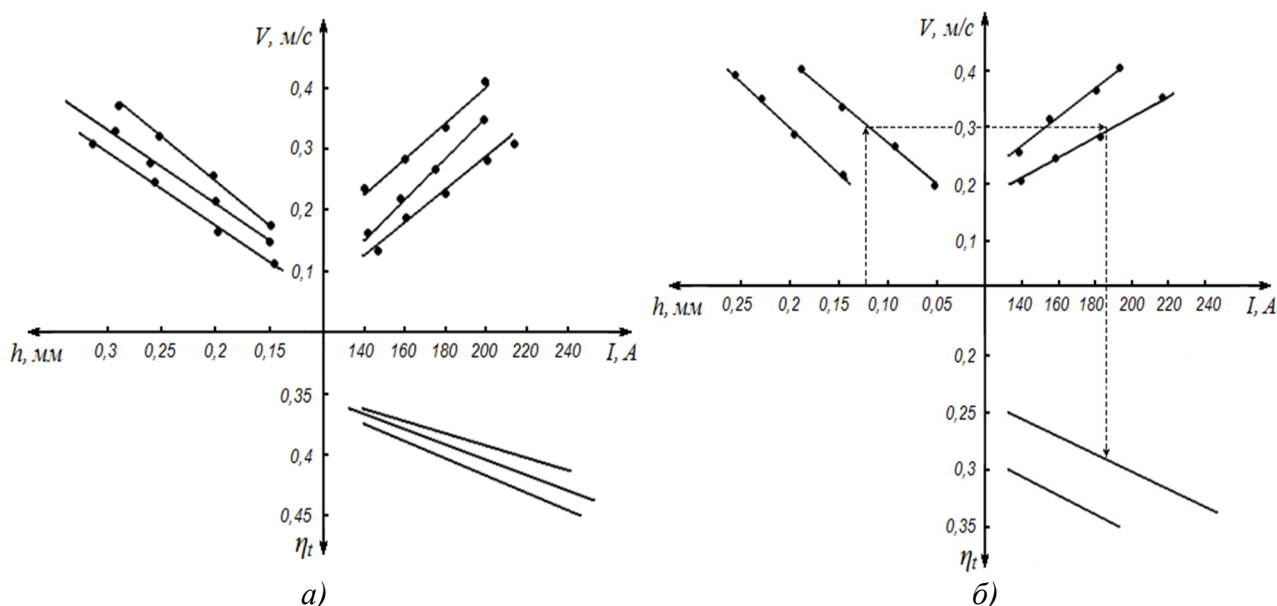
$$\eta_t = \frac{S_{np} V_{pn} \rho H_{nl}}{IU\eta_u}, \quad (2)$$

где $S_{np} = Bh$ – площадь проплавления, см²; B, h – соответственно ширина и толщина проплавления, см; V_{pn} – результирующая скорость наплавки, см/с, определяемая из выражения $V_{pn} = \sqrt{V_n^2 + V_n'^2}$, V_n – скорость плазменной наплавки, см/с; V_n' – скорость поперечного перемещения плазматрона, см/с; $IU\eta_u = q_u$ – эффективная мощность плазменной дуги, Вт; ρ – плотность металла при нормальной температуре, г/см³; H_{nl} – теплосодержание жидкого металла при температуре плавления, включающее скрытую теплоту, Дж/г.

Учитывая реальное соотношение толщины проплавления и ширины валика h/B , введение поправочного коэффициента ($k = \eta_t / \eta_i$) к термическому КПД позволило скорректировать несовершенство расчетной схемы:

$$h = \frac{IU\eta_u\eta_t lk}{B2AV_n H_{nl}\rho}. \tag{3}$$

На основе полученного выражения (3) построены зависимости (рисунок 2), определяющие характер изменения η_t от режимных параметров плазменной наплавки. Из номограмм видно, что при плазменной наплавке сплавами на железной основе экспериментальные и расчетные значения η_t имеют высокую сходимость. В этом случае для расчета толщины проплавления действительное значение термического КПД ($\eta_{то} = \eta_t k$) можно принять равным 0,4. При плазменной наплавке сплавами на никелевой основе в защитной среде горячих углеводородов $\eta_{то}=0,32$, т.е. для приведенных случаев $k=0,9...1$. В то же время при плазменной наплавке хромоникелевыми сплавами в среде аргона $k=0,8$. При наплавке по винтовой линии сплавами на железной основе $k=0,32-0,34$.



а – на основе железа ($U = 25-30$ В – при применении в качестве защитного газа аргона, $U = 45-55$ В – в защитном газе горячих углеводородов); б – на основе никеля ($U = 25-30$ В – при применении в качестве защитного газа аргона, $U = 45-50$ В – при защитном газе горячих углеводородов)

Рис. 2 – Зависимости для определения η_t при плазменной наплавке порошковыми твердыми сплавами

Разница в значениях η_t при плазменной наплавке деталей тел вращения и плазменной наплавке деталей типа «пластина» порошковыми сплавами на железной основе объясняется тем, что последняя в результате поступательного и колебательного движений имеет более высокую результирующую скорость наплавки $V_{рн}$ и способствует проплавлению более значительной площади в единицу времени, т.е. повышению η_t .

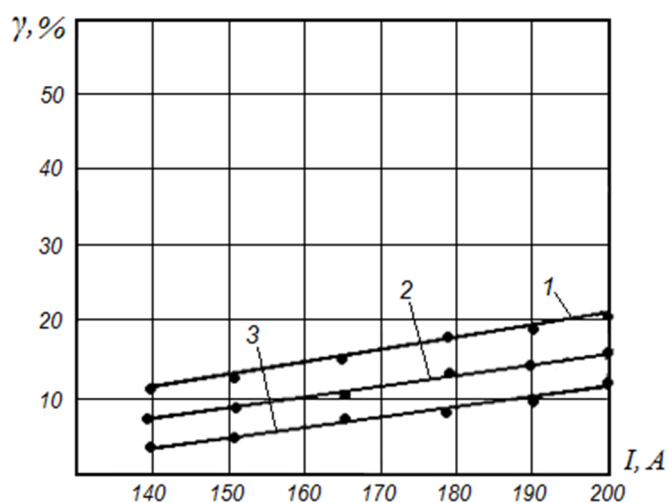
При плазменной наплавке в аргоне хромоникелевыми сплавами более низкое значение η_t , чем при наплавке сплавами на железной основе, объясняется тем, что в первом случае площадь проплавления при прочих равных условиях меньше, хотя площадь плазменной наплавки несколько выше. Использование защитных газов N_2 , CO_2 и горячих углеводородов вместо Ar способствует повышению толщины проплавления, что объясняется более высокой теплоемкостью двухатомных газов.

Для получения наплавленных покрытий толщиной до 1,5 мм близких к заданному химическому составу необходимо учитывать выгорание легирующих элементов и толщину проплавления материала покрытия с основой, которая должна быть минимальной.

Снижение доли основного металла в наплавленном металле уменьшает потери легирующих элементов и увеличивает эффективность их действия. Доля основного металла в наплавленном металле γ (%) определяется отношением площади сечения проплавленного основного металла S_0 к площади всего сечения шва, включающего и площадь сечения направленного покрытия S_n :

$$\gamma = \frac{S_o \cdot 100}{S_o + S_n} \quad (4)$$

С увеличением силы тока при постоянных других параметрах в зависимости от вида применяемого защитного газа и присадочного материала γ изменяется в пределах от 4 до 21% (рисунок 3).



1 – наплавка в среде защитного газа горячих углеводородов порошковым твердым сплавом ПГ-С1; 2 – наплавка в среде защитного газа азота порошковым твердым сплавом ПГ-С1; 3 – наплавка в среде защитного газа аргона порошковым твердым сплавом ПГ-С1 ($U = 25-30$ В; $V = 0,30-0,35$ см/с; $A = 2,8$ см)

Рис. 3 – Зависимость доли основного металла в наплавленном металле от силы тока дуги плазматрона

Оценка тепловой эффективности плазменной наплавки порошковыми материалами. Оптимальное соотношение между расплавлением основного и наплавочного металлов характеризуется минимальной толщиной проплавления, необходимой толщиной наплавленного покрытия и максимальной производительностью процесса. При этом эффективность процесса характеризуется тепловым КПД наплавки, определяющим долю теплоты от эффективной мощности, расходуемой на нагрев и расплавление порошка:

$$\eta_{н.эф} = \frac{QWH_{нл}}{IU\eta_u} \quad (5)$$

Несмотря на то, что при плазменной наплавке η_u меньше, $\eta_{нэф}$ выше по сравнению с другими способами наплавки (рисунок 4).

Результаты расчетов по формуле (5) показали, что при равных условиях наплавки покрытий толщиной до 1,3 мм $\eta_{н.эф}$ зависит от W , значение которой при плазменной наплавке выше. По расчетным данным построены зависимости продолжительности плазменной наплавки различных площадей от силы тока (рисунок 5). Анализ полученных зависимостей показал, что количество теплоты, необходимой для широкослойной плазменной наплавки тонких покрытий на детали диаметром 30-90 мм, зависит от площади наплавливаемой поверхности, а величина диаметра при прочих равных условиях существенного влияния на режим плазменной наплавки не оказывает.

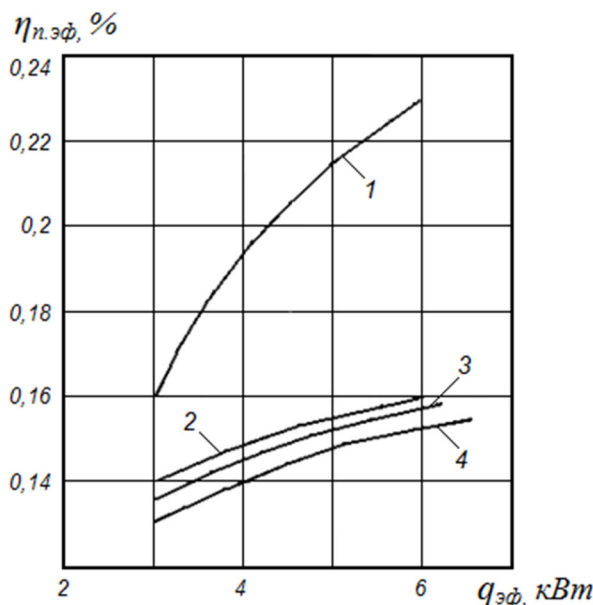
Скорость широкослойной плазменной наплавки и плазменной наплавки по винтовой линии возрастает с увеличением силы тока. При этом использование в качестве защитного газа N_2 , CO_2 и горячих углеводородов вместо аргона повышает скорость и производительность наплавки на 20-30%, что объясняется возрастанием напряжения дуги плазматрона на 20-30 В. Вышеприведенные зависимости разработаны для определения режимов плазменной наплавки как деталей сплошного сечения, так и полых деталей.

При плазменной наплавке тонких покрытий для получения более полной характеристики теплового воздействия значения удельной энергии E_u (Дж/см²) определяли по следующей зависимости:

$$E_u = \frac{IU\rho_u}{W}. \tag{6}$$

Величина E_u позволяет оценить энергоёмкость и экономичность плазменной наплавки. При этом процессы проплавления и расплавления основного и наплавляемого металла оцениваются показателем удельной энергии (Дж/г):

$$E_{np} = \frac{IU\eta_u\eta_t}{W}. \quad E_{напл} = \frac{IU\eta_u\eta_{н.эф.}}{QW}. \tag{7}$$



1 – широкослойная плазменная наплавка; 2 – плазменная наплавка по винтовой линии; 3 – наплавка в среде CO₂; 4 – наплавка в среде горячих углеводородов

Рис. 4 – Зависимость эффективного КПД от эффективной мощности дуги при наплавке различными способами (толщина покрытия 1,0-1,3 мм)

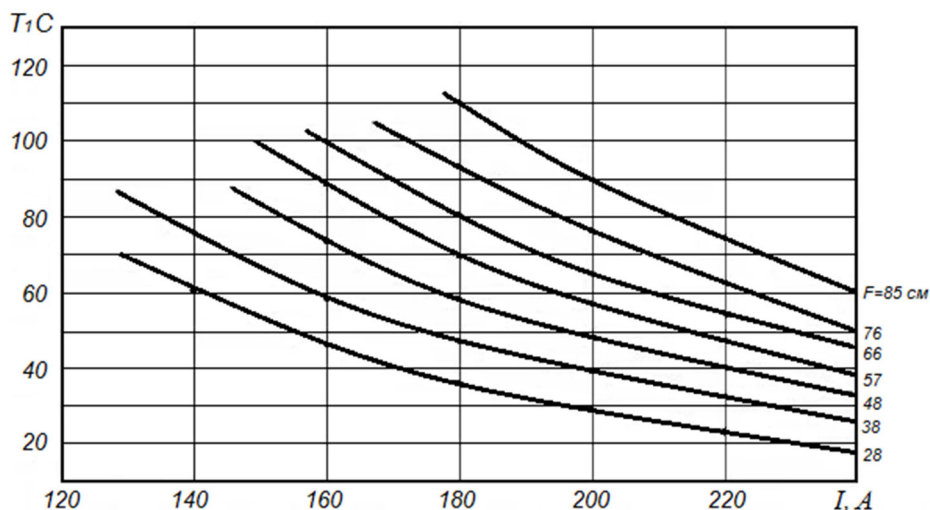


Рис. 5 – Зависимость продолжительности плазменной наплавки различных площадей от силы тока сплавами на железной (ПГ-С1, ПГ-ФБХ-6-2) и на никелевой (ПГ-СР3, ПГ-СР4) основах при толщине покрытия 1,1-1,3 мм (защитный газ аргон)

Результаты сравнительной оценки показателей удельных энергий способов плазменной наплавки и наплавки в среде защитных газов (Ar, CO₂), рассчитанных для мощности 6000 Дж/с при напряжении 22-30 В, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели удельных энергий плазменной наплавки различными способами

Способ наплавки	Амплитуда колебаний, мм. Шаг наплавки, мм/об	η_u	η_t	$\eta_{н.эф}$	W , см	E_u , Дж/см ²	E_{np} , Дж/см ²	$E_{напл}$, Дж/см ²
Плазменная наплавка порошком ПГ-СР4 с колебаниями (защитный газ аргон)	25	0,70	0,40	0,20	1,2	3500	1400	770
Плазменная наплавка порошком ПГ-СР4 по винтовой линии (защитный газ аргон)	5	0,70	0,20	0,15	0,80	5250	1050	840
Плазменная наплавка проволокой Нп-30ХГСА по винтовой линии (защитный газ аргон)	3	0,70	0,22	0,12	0,55	7636	1680	916
Наплавка плавящейся электродной проволокой Нп-30ХГСА в СО ₂ (полярность обратная)	3	0,78	0,26	0,14	0,65	7200	1872	1008

Значения удельных энергий характеризуют термическое состояние зоны соединения наплавленного металла с основным. Минимальные значения E_{np} и $E_{напл}$ имеют способы плазменной наплавки порошковыми твердыми сплавами, что свидетельствует о более экономичном распределении энергии между основным и наплавленным металлами. Такое распределение способствует уменьшению толщины проплавления и увеличению производительности процесса.

Анализируя данные таблицы 1, можно заключить, что из представленных способов плазменной наплавки самое низкое значение E_{np} имеет способ плазменной наплавки порошком по винтовой линии, при котором обеспечиваются наименьшие деформации. Для приведенного режима можно определить потери теплоты и тепловой баланс по формуле:

$$E_n = E_u - (E_{np} + E_{напл}). \quad (8)$$

Однако, несмотря на более низкую производительность плазменной наплавки по винтовой линии, его применение в ряде случаев необходимо, поскольку плазменная наплавка широких покрытий за один оборот детали не позволяет получать положительных результатов при восстановлении поверхностей, расположенных в середине длинных деталей, трубчатых и других деталей, для которых требуется наплавить покрытие при минимальной деформации резьбовых поверхностей, а также деталей со значительными износами, требующими нанесения покрытий более 1,3 мм на сторону.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что плазменная наплавка позволяет в широких пределах регулировать ввод теплоты в основной и наплавливаемый металлы, что способствует предупреждению образования пор и трещин.

Выводы. На основании изложенного выше материала можно сделать следующие обобщения.

1. Разработана методика определения термического коэффициента полезного действия и толщины проплавления основного металла, учитывающая особенности плазменной наплавки. Введение поправочного коэффициента в аналитические зависимости позволяет корректировать расчеты, учитывая реальные соотношения толщины проплавления и ширины наплавливаемого покрытия.

2. Выполненные исследования по оценке тепловой эффективности плазменной наплавки показали, что применение порошковых твердых сплавов, обладающих высокой удельной поверхностью, низкой температурой плавления и незначительной теплопроводностью, обеспечивает более быстрое теплонасыщение и плавление частиц порошка, что позволяет снизить толщину проплавления. При данном способе плазменной наплавки требуется

меньше теплоты на нагрев порошка и нагрев детали, что позволяет повысить производительность процесса.

3. При плазменной наплавке тонких покрытий порошковыми твердыми сплавами основными факторами, влияющими на толщину проплавления, являются скорость наплавки и амплитуды колебаний. Незначительное влияние тока дуги плазмотрона в принятом интервале на толщину проплавления можно объяснить тем, что при нанесении покрытий с колебаниями происходит разобочение подводимого к детали тепла, которое способствует нагреву всей детали и, как следствие, резкому возрастанию деформации при незначительном увеличении толщины проплавления.

Библиография

1. Белинин, Д.С. Особенности структурообразования при плазменной поверхностной закалке на большую глубину изделий из стали 40X13 / Д.С. Белинин, Ю.Д. Щицын // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 4 (5). С. 1202-1205.
2. Нефедьев, С.П. Формирование структуры износостойкого покрытия при плазменно-порошковой наплавке / С.П. Нефедьев, А.Н. Емелюшин, Е.В. Петроченко, А.В. Шилова // Литейные процессы. 2013. № 12. С. 139-144.
3. Кравченко, И.Н. Технологические параметры и закономерности их влияния на процесс плазменной наплавки порошковыми материалами / И.Н. Кравченко, В.В. Сельдяков, А.Ф. Пузряков // Технология металлов. 2014. № 4. С. 19-26.
4. Павленко, А.В. Особенности нагрева присадочного порошка в дуге при наплавке / А.В. Павленко, П.В. Гладкий // Автоматическая сварка. 1990. № 1. С. 33-37.
5. Бондарева, Г.И. Методика оптимизации режимов и оценки тепловой эффективности технологического процесса плазменной наплавки // Международный научный журнал. 2011. № 1. С. 65-71.
6. Пулавцев, И.Е. Оценка тепловой эффективности технологического процесса плазменной наплавки порошковыми сплавами / И.Е. Пулавцев, А.В. Коломейченко, И.Н. Кравченко // Научный журнал: Международный научный институт «Educatio». 2015. № 6. С. 165-171.
7. Кравченко, И.Н. Тепловая эффективность при плазменной наплавке порошковыми материалами / И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, Р.Ю. Соловьев [и др.] // Сварочное производство. 2017. № 4. С. 12-21.
8. Рыкалин, Н.Н. Обработка металлов лазером. М.: Машиностроение, 1982. 336 с.
9. Рыкалин, Н.Н. Лазерная и электроннолучевая обработка материалов // Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, И.В. Зуев. М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
10. Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки // А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 664 с.
11. Рыкалин, Н.Н. Высокотемпературные технологические процессы: теплофизические основы // Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, Л.М. Анищенко. М.: Наука, 1986. 172 с.
12. Лифшиц, Л.С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений // Л.С. Лифшиц, А.Н. Хакимов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1989. 336 с.
13. Фролов, В.А. Технология сварки плавлением и термической резки металлов // В.А. Фролов, В.Р. Петренко, А.В. Пешков [и др.]; под ред. В.А. Фролова. М.: ИНФРА-М, 2011. 448 с.
14. Лейначук, Е.И. Электродуговая наплавка деталей при абразивном и гидроабразивном износе. Киев: Наукова думка, 1985. 155 с.
15. Гродзовский, Г.Л. Определение параметров тепловых потоков калориметрическими методами // Ученые записки ЦАГИ. 1981. Т. XII. № 2. С. 52-63.
16. Григорович, Б.М. Метод калориметрирования тепловых потоков высокой интенсивности датчиками регулярного режима / Б.М. Григорович, И.П. Назаренко, П.В. Никитин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2009. № 3. С. 33-42.

References

1. Belinin, D.S. Osobennosti strukturoobrazovaniya pri plazmennoy poverkhnostnoy zakalke na bol'shuyu glubinu izdeliy iz stali 40KH13 [Features of structure formation during plasma surface hardening to a great depth of products from steel 40X13] / D.S. Belinin, Yu.D. Shchitsyn // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2012. V. 14. N 4(5). 1202-1205.
2. Nefed'yev, S.P. Formirovaniye struktury iznosostoykogo pokrytiya pri plazmenno-poroshkovoy naplavke [Formation of the structure of a wear-resistant coating during plasma-powder surfacing] / S.P. Nefed'yev, A.N. Yemel'yushin, E.V. Petrochenko, A.V. Shilova // Liteynyye protsessy. 2013. № 12. 139-144.
3. Kravchenko, I.N. Tekhnologicheskiye parametry i zakonmernosti ikh vliyaniya na protsess plazmennoy naplavki poroshkovymi materialami [Technological parameters and patterns of their influence on the process of plasma surfacing with powder materials] / I.N. Kravchenko, V.V. Sel'dyakov, A.F. Puzryakov // Tekhnologiya metallov. 2014. № 4. 19-26.
4. Pavlenko, A.V. Osobennosti nagreva prisadochnogo poroshka v duge pri naplavke [Features of heating the filler powder in the arc during surfacing] / A.V. Pavlenko, P.V. Gladkiy // Avtomaticheskaya svarka. 1990. № 1. 33-37.

5. Bondareva, G.I. Metodika optimizatsii rezhimov i otsenki teplovoy effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa plazmennoy naplavki [Technique for optimizing modes and assessing the thermal efficiency of the technological process of plasma surfacing] // *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. 2011. № 1. 65-71.
6. Pupavtsev, I.E. Otsenka teplovoy effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa plazmennoy naplavki poroshkovymi splavami [Evaluation of the thermal efficiency of the technological process of plasma surfacing with powder alloys] / I.E. Pupavtsev, A.V. Kolomeichenko, I.N. Kravchenko // *Nauchnyy zhurnal: Mezhdunarodnyy nauchnyy institut «Educatio»*. 2015. № 6. 165-171.
7. Kravchenko, I.N. Teplovaya effektivnost' pri plazmennoy naplavke poroshkovymi materialami [Thermal efficiency in plasma surfacing with powder materials] / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeichenko, R.Yu. Solov'yev [et al.] // *Svarochnoye proizvodstvo*. 2017. № 4. 12-21.
8. Rykalin, N.N. Obrabotka metallov lazerom [Laser processing of metals]. M. : Mashinostroyeniye, 1982. 336 p.
9. Rykalin, N.N. Lazernaya i elektronoluchevaya obrabotka materialov [Laser and electron beam processing of materials] // N.N. Rykalin, A.A. Uglov, I.V. Zuev. M. : Mashinostroyeniye, 1985. 496 p.
10. Grigor'yants, A.G. Tekhnologicheskiye protsessy lazernoy obrabotki [Technological processes of laser processing] // A.G. Grigor'yants, I.N. Shiganov, A.I. Misyurov. M. : MGTU im. N.E. Baumana, 2006. 664 p.
11. Rykalin, N.N. Vysokotemperaturnyye tekhnologicheskiye protsessy: teplofizicheskiye osnovy [High-temperature technological processes: thermophysical fundamentals] // N.N. Rykalin, A.A. Uglov, L.M. Anishchenko. M. : Nauka, 1986. 172 p.
12. Lifshits, L.S. Metallovedeniye svarki i termicheskaya obrabotka svarykh soyedineniy [Metal science of welding and heat treatment of welded joints] // L.S. Lifshits, A.N. Khakimov. 2-ye izd. M. : Mashinostroyeniye, 1989. 336 p.
13. Frolov, V.A. Tekhnologiya svarki plavleniyem i termicheskoy rezki metallov [Technology of fusion welding and thermal cutting of metals] // V.A. Frolov, V.R. Petrenko, A.V. Peshkov [et al.]; pod red. V.A. Frolova. M. : INFRA-M, 2011. 448 p.
14. Leynachuk, E.I. Elektrodugovaya naplavka detaley pri abrazivnom i gidroabrazivnom iznose [Electric arc surfacing of parts with abrasive and hydroabrasive wear]. Kiyev : Naukova dumka, 1985. 155 p.
15. Grodzovsky, G.L. Opredeleniye parametrov teplovykh potokov kalorimetricheskimi metodami [Determination of heat flow parameters by calorimetric methods] // *Uchenyye zapiski TSAGI*. 1981. V. XII. № 2. 52-63.
16. Grigorovich, B.M. Metod kalorimetrirovaniya teplovykh potokov vysokoy intensivnosti datchikami regul'yarnogo rezhima [Calorimetry method for high-intensity heat fluxes with regular mode sensors] / B.M. Grigorovich, I.P. Nazarenko, P.V. Nikitin [et al.] // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2009. № 3. 33-42.

Сведения об авторах

Кравченко Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия, 127434, тел.: +7 (916) 242-78-86, e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

Карцев Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН ИМАШ им. А.А. Благоднарова РАН, переулоч Малый Харитоньевский, 4, г. Москва, Россия, 101000, тел.: +7 (925) 880-69-50, e-mail: kazo61@mail.ru

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

Шарая Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: sharay61@mail.ru

Information about authors

Kravchenko Igor Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy», Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russia, 127434, tel. +7 (916) 242-78-86, e-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

Kartsev Sergey Vasiljevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Machine Science named after A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences, Maly Kharitonevsky Lane, 4, Moscow, Russia, 101000, tel. + 7 (925) 880-69-50, e-mail: kazo61@mail.ru

Pastukhov Alexander Gennadievich, Doctor of Technical Sciences, 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», Vavilova Str., 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +7(4722) 39-23-90, e-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

Sharaya Olga Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, associate professor at the Department of Technical Mechanics and Machinery Design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin”, ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, e-mail: sharay61@mail.ru

УДК 541.136.3:633.1

Н.В. Ксёиз, И.В. Юдаев, С.П. Псюкало

ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. На сегодняшний день, используя лишь только передовые достижения современной науки России и зарубежных исследователей, возможно добиться улучшения качества сельскохозяйственной продукции нашей страны. Важно для неуклонного экономического роста уделять внимание пониманию процессов в сельскохозяйственных технологиях. То есть, какие движущие силы помогут интенсифицировать процессы производства продукции сельского хозяйства. В работе мы показали, что от скорости протекания энерго- и массообмена зависят такие показатели процесса, как производительность, энергоёмкость, металлоёмкость, что отражается на затратах при производстве продукции. Поэтому для этого анализировали возможность применения основополагающих понятий термодинамики для разработки методов исследования процессов энерго- и массообмена. В результате проведённого анализа, установлено, что, изменяя вид движущей силы в биологических объектах, можно интенсифицировать протекающие в них физико-химические процессы. Так, с увеличением температуры водных электроактивированных растворов, скорость поглощения растворов, помещёнными в них семенами, увеличивается. Однако в сельскохозяйственных технологиях интенсифицировать процессы за счет механических и термических движущих сил уже не удастся, так как они исчерпали свои потенциальные возможности. Следовательно, необходима разработка новых технологий, основанных на магнитных, электрических, акустических и других движущих силах. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методов контроля качества биологических объектов сельскохозяйственными предприятиями.

Ключевые слова: движущая сила, градиент, энергообмен, массообмен, обобщенный потенциал, обобщенные координаты, теплопроводность, диффузия.

DRIVING FORCES OF AGRICULTURAL TECHNOLOGICAL PROCESSES

Abstract. Today, using only the advanced achievements of modern science in Russia and foreign researchers, it is possible to improve the quality of agricultural products in our country. It is important for steady economic growth to pay attention to understanding the processes in agricultural technologies. That is, what driving forces will help to intensify the processes of agricultural production. In our work, we have shown that such process indicators as productivity, energy intensity, metal consumption depend on the rate of energy and mass transfer, which affects the costs of production. Therefore, for this purpose, the possibility of applying the fundamental concepts of thermodynamics to develop methods for studying energy and mass transfer processes was analyzed. As a result of the analysis, it was found that by changing the type of driving force in biological objects, it is possible to intensify the physical and chemical processes occurring in them. Thus, with an increase in the temperature of aqueous electroactivated solutions, the rate of absorption of solutions placed in them by seeds increases. However, in agricultural technologies, it is no longer possible to intensify processes due to mechanical and thermal driving forces, since they have exhausted their potential capabilities. Therefore, it is necessary to develop new technologies based on magnetic, electrical, acoustic and other driving forces. The results obtained can be used to develop methods for quality control of biological objects by agricultural enterprises.

Keywords: driving force, gradient, energy exchange, mass transfer, generalized potential, generalized coordinates, thermal conductivity, diffusion.

Постановка проблемы. Сегодня аграрный сектор становится флагманом развития экономики страны и гарантом продовольственной безопасности. Повышение эффективности технологических процессов в сельском хозяйстве является одним из важнейших направлений его устойчивого развития. Такой подход необходимо считать определяющим при условии наличия высоких темпов научно-технического прогресса, комплексной интенсификации процессов и непрерывном обновлении основных технологических процессов в сельскохозяйственном производстве.

В настоящее время интенсификация реализуемых технологических сельскохозяйственных процессов достигается за счет использования трех основных форм движения материи: механической, термической и электрической, при осуществлении которых движущими силами обозначенных процессов являются градиенты температур, давлений, сил и т.д.

Общие закономерности процессов переноса массы или энергии согласно литературным источникам [1-3] можно записать в следующем виде:

$$G = k \cdot B \cdot F_i \cdot \Delta \tau, \quad (1)$$

где G – количество вещества или энергии, участвующее в обмене; k – коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость обмена; B – рабочая поверхность (рабочий объем) обмена; F_i – движущая сила процесса; $\Delta \tau$ – интервал времени взаимодействия сред (объектов).

Как известно от скорости протекания энерго- и массообмена зависят такие показатели процесса, как производительность, энергоемкость, металлоемкость, что отражается на затратах при производстве продукции. Из выражения (1) скорость протекания обмена можно определить, оценив коэффициент пропорциональности по выражению:

$$k = \frac{G}{B \cdot F_i \cdot \Delta \tau}. \quad (2)$$

Как видно из выражения (2), значение этого коэффициента зависит от параметров рабочего объема или рабочей поверхности, параметров и характера движущей силы и времени протекания процесса. В таком виде коэффициент k можно рассматривать как характеристику интенсивности процесса переноса массы или энергии, определяя количество энергии или массы вещества, прошедшей за единицу времени через единицу рабочей поверхности или рабочего объема. В этом случае коэффициент k , отнесенный к единице движущей силы, определяет тот факт, что, изменяя количественно движущую силу, можно управлять интенсивностью процесса.

Оценим, что же из себя представляет движущая сила. В теории термодинамики [2, 3] при исследовании различных взаимодействий между объектами или средами очень часто используют понятия обобщенных координат и обобщенных потенциалов.

Каждый вид взаимодействия (механический, термический, электрический и т.д.) выражается в переносе или передаче) от одного объекта к другому определенного свойства, называемого обобщенной координатой. Перенос или передача этой координаты через разделяющую объекты или среды контрольную поверхность является главным признаком того, что объекты или среды взаимодействуют между собой.

Для возбуждения взаимодействия объекты или среды должны обладать характерным свойством, называемым обобщенным потенциалом.

В роли обобщенных координат выступают следующие физические величины: перемещение, угол поворота, объем, электрический заряд, масса вещества и т.д. [4, 5].

В роли обобщенных потенциалов выступают следующие физические величины: сила, давление, абсолютная температура, электрический потенциал, напряженность электрического поля, химический потенциал и т.д. [6, 7].

Градиент обобщенного потенциала (разность или отношение обобщенных потенциалов) выступает в роли движущей силы самопроизвольного переноса соответствующей обобщенной координаты.

Рассматривая взаимодействия тепловой природы, можно отметить, что, например, при сушке сельскохозяйственной сырья или продукции теплопроводностью интенсивность теплового потока определяется законом Фурье:

$$I_T = -k_T \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}, \quad (3)$$

где k_T – коэффициент теплопроводности; Δx – градиент температуры (движущая сила).

Рассматривая нагрев воздушной среды животноводческих помещений за счет процесса теплопередачи, можно отметить, что интенсивность теплового потока пропорциональна разности между температурой нагретой поверхности (радиатора) T_{II} и температурой окружающей среды T_C :

$$I_K = \alpha \cdot (T_{II} - T_C), \quad (4)$$

где α – коэффициент теплопередачи; $(T_{II}-T_c)$ – разность температур между нагретой поверхностью (радиатора) T_{II} и окружающей среды T_c (движущая сила).

Механическое взаимодействие оценивается полезно выполненной работой как, например, совершаемой работой при перемещении пахотного агрегата. Эта полезная работа определяется в первом приближении по выражению:

$$A_{II} = \frac{\vartheta \cdot \eta}{1 - \eta} \cdot \tau \cdot (F_{TT} - F_{СП}) \quad (5)$$

где ϑ – скорость движения агрегата; η – коэффициент полезного действия; τ – время работы агрегата; F_{TT} – тяговая сила трактора; $F_{СП}$ – сила сопротивления почвы; $(F_{TT} - F_{СП})$ – разность сил тяги трактора и сопротивления почвы (движущая сила).

Гидравлические взаимодействия можно рассматривать, например, проанализировав перемещение и расход кормовых жидкостей в горизонтальных трубах на животноводческих комплексах и можно вычислить, используя формулу Гагена-Пуазейля:

$$Q = \frac{\pi \cdot R^4}{8 \cdot \chi} \cdot \frac{P_1 - P_2}{\Delta x} \quad (6)$$

где R – радиус трубы; χ – коэффициент вязкости жидкости; P_1 – давление в некоторой точке 1;

P_2 – давление в некоторой точке 2; Δx – расстояние между точками; $\frac{P_1 - P_2}{\Delta x}$ – градиент давления (движущая сила).

Для обеспечения надежной работы трущихся рабочих органов сельскохозяйственной техники и оценке их состояния существенным является определение градиента температуры в поверхностных слоях металлов при трении, и именно наличие этого градиента приводит к градиенту механических свойств материалов и диффузионным процессам [2, 3].

В работе [8] предложена формула для определения скорости диффузии в зависимости от градиентов концентраций газов, температур и упругой деформации:

$$\frac{dq}{d\tau} = -D_c \cdot \frac{\partial c}{\partial x} + D_\varepsilon \cdot \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} + D_\vartheta \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \quad (7)$$

где D_c – коэффициент диффузии газов; c – концентрация атомов газа; ε – деформация; ϑ –

температура; $\frac{\partial c}{\partial x}$, $\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}$, $\frac{\partial \vartheta}{\partial x}$ – градиенты концентраций газов, упругой деформации, температуры (движущие силы).

В сельскохозяйственном производстве кроме процессов перемещения масс вещества, энергии и износа контактирующих поверхностей, есть и технологические процессы, связанные с биологическими объектами. Любой биологический объект как животного, так и растительного происхождения, представляет собой сложную биосистему, которая поглощает из окружающей среды питательные вещества, энергию и другое. В этих системах протекают не равновесные процессы, то есть работа, совершаемая биологической системой, определяется градиентами различных физических величин, которые обусловлены не равновесным распределением вещества и непрерывным его переносом из одной части системы в другую её часть [2, 3, 5, 6, 9, 10, 11].

Так, перемещение ионов через клеточные мембраны определяется градиентами электрических потенциалов и концентрации ионов по обе стороны мембраны. Согласно закону Фика, интенсивность потока ионов пропорциональна градиенту их концентрации:

$$I_d = -D \cdot \frac{\Delta[c]}{\Delta x} \quad (8)$$

где D – коэффициент диффузии; $[c]$ – концентрация ионов; $\frac{\Delta[c]}{\Delta x}$ – градиент концентрации ионов (движущая сила).

В биологических системах многие потоки связаны друг с другом. Так, диффузия определяется как разностью температур (термодиффузия), так и разностью электрических потенциалов (электродиффузия). Поэтому общий диффузионный поток равен алгебраической сумме этих потоков:

$$I_d = -D \cdot \frac{\Delta[c]}{\Delta x} - k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} - \nu \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta x}, \quad (9)$$

где ν – удельная электропроводность; φ – электрический потенциал; $\frac{\Delta \varphi}{\Delta x}$ – градиент электрического потенциала.

Дальнейшее же повышение эффективности технологических процессов аграрного сектора за счет использования отмеченных форм движения материи и их движущих сил, на наш взгляд, не представляется возможным, так как они каждый по отдельности, практически исчерпали свои потенциальные возможности. В то же время простой анализ позволяет аргументировано констатировать, что объединение или совмещение форм движения материи, организующее комплексное воздействие, например, электромеханическое, электрохимическое, электротермомеханическое и др., позволяет повысить «коэффициент использования» такой движущей силы и достигнуть конкретного технологического результата – положительного эффекта.

Научно-технический прогресс тесно связан с внедрением комплексных воздействий физико-химических факторов в такие отрасли сельского хозяйства, как растениеводство, животноводство и т.п., при этом обеспечивая экономное и рациональное использование энергии и сырьевых ресурсов.

Поэтому напрашивается вполне логичное заключение – применение комплекса физико-химических факторов, ускоряющих скорость взаимодействия объектов в конкретном технологическом процессе, является актуальнейшей задачей для интенсификации темпов развития современного сельского хозяйства.

Целью работы является проведение анализа влияния отдельных воздействий физической и химической природы на процессы сельскохозяйственного производства, а также оценки их совместного влияния на биологические объекты, представленной на примере использования электроактивированной воды для обработки семян озимой пшеницы сорта «Юмпа».

Основной материал исследований. Проверка уравнения (9) осуществлялась проведением исследований по обработке семян озимой пшеницы сорта «Юмпа» растворами электроактивированной воды. На семена воздействовали одновременно растворами с разной температурой, разной концентрацией ионов водорода и разным электрическим потенциалом. Эксперименты проводили на непроточной диафрагменной электродиализной установке, разработанной и изготовленной в научной лаборатории Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде. Схема электроактиватора и схема контроля параметров процесса электродиализа приведены на рисунке 1.

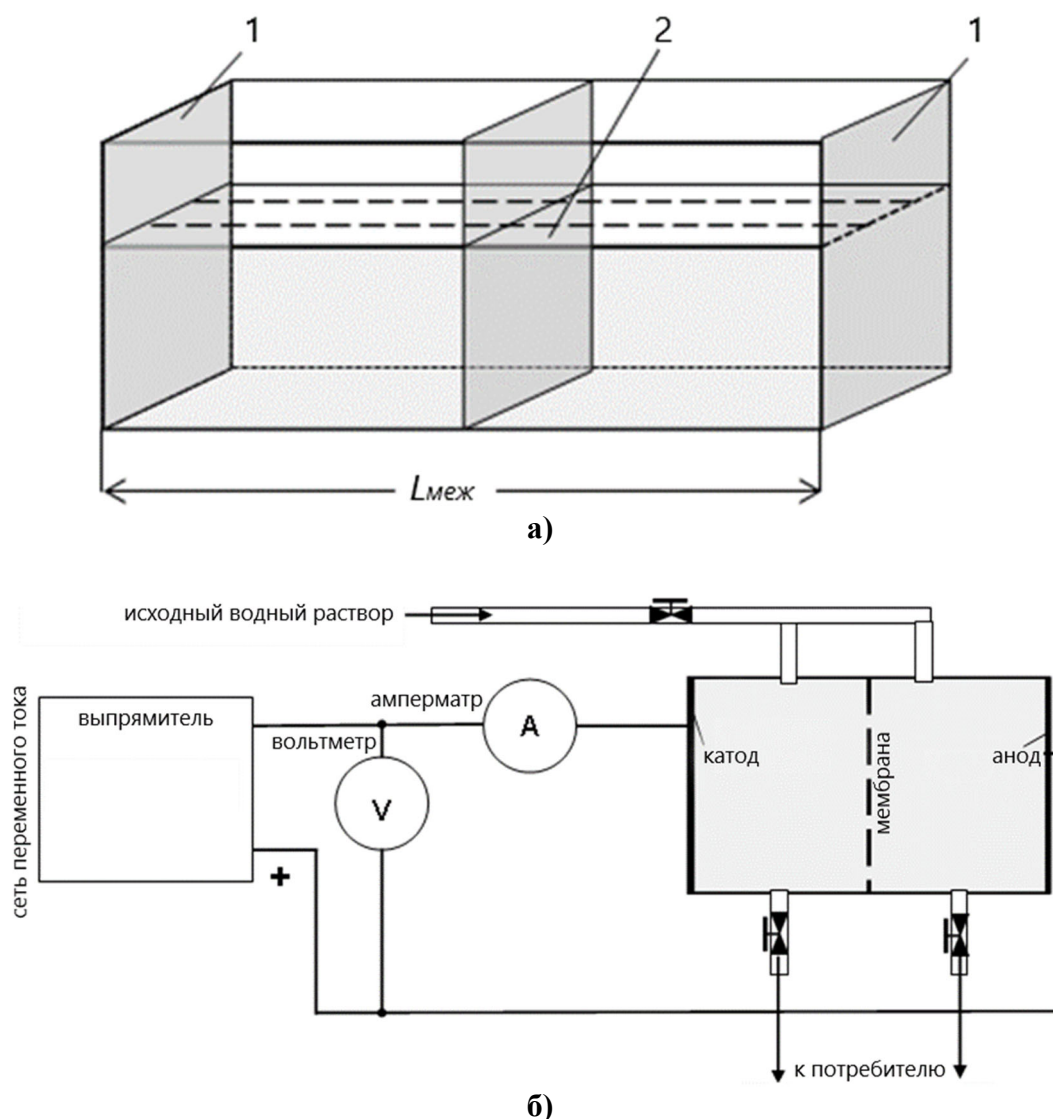


Рис. 1 – Схема электроактиватора (а): 1 – электроды; 2 – рабочая площадь мембраны; и схема контроля параметров процесса электролиза (б)

Электроактиватор (рисунок 1, а) имеет следующие конструктивные параметры: 1) высота электрода из нержавеющей стали – 0,40 м; 2) ширина электрода из нержавеющей стали – 0,50 м; 3) межэлектродное расстояние – 0,40 м; 4) мембрана Toray 8 TMG 20-240 – 0,20 м².

Измерение водородного показателя электроактивированного водного раствора в анодной и катодной камерах установки осуществляли с помощью рН-метра типа РН-009 (1). Температуру раствора фиксировали термометром типа «Меридиан» с погрешностью $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Семена озимой пшеницы «Юмпа» в количестве 50 шт. замачивали в чашках Петри в растворе католита и анолита в течение 30 минут для каждой из температур. Массу семян взвешивали до и после замачивания с помощью весов типа ВЛР-200. Поверхностную влагу удаляли с помощью фильтровальной бумаги. Опыт проводился в следующей последовательности: семена озимой пшеницы «Юмпа» примерно одинаковой массы помещали в чашки Петри; затем, при достижении температуры раствора 40°C , установку отключали и через сливные краны из камер (см. рис. 1б) заполняли одну из чашек католитом, а другую анолитом, а после чего семена подвергали процессу замачивания в течение 30 минут в обоих растворах при значениях их водородного показателя $\text{pH}=10,3$ и $\text{pH}=2,7$. При достижении температуры 35°C заполняли раствором следующие две чашки Петри и так через каждые 5°C , до достижения значения 25°C . Водородный показатель растворов при этом варьировал и изменялся до значения $\text{pH}=9,9$ и $\text{pH}=3,1$.

Скорость удельного водопоглощения семян определяли по формуле:

$$v = \frac{m_2 - m_1}{\tau \cdot m_1} \cdot 100\% \quad (10)$$

где m_1 – масса семян до замачивания; m_2 – масса семян после замачивания; τ – время замачивания.

Результаты исследований. Проведенные экспериментальные исследования позволили получить массив данных, обработав которые были построены зависимости изменения скорости удельного водопоглощения семенами пшеницы сорта «Юмпа» от температуры растворов католита и анолита (рисунок 2).

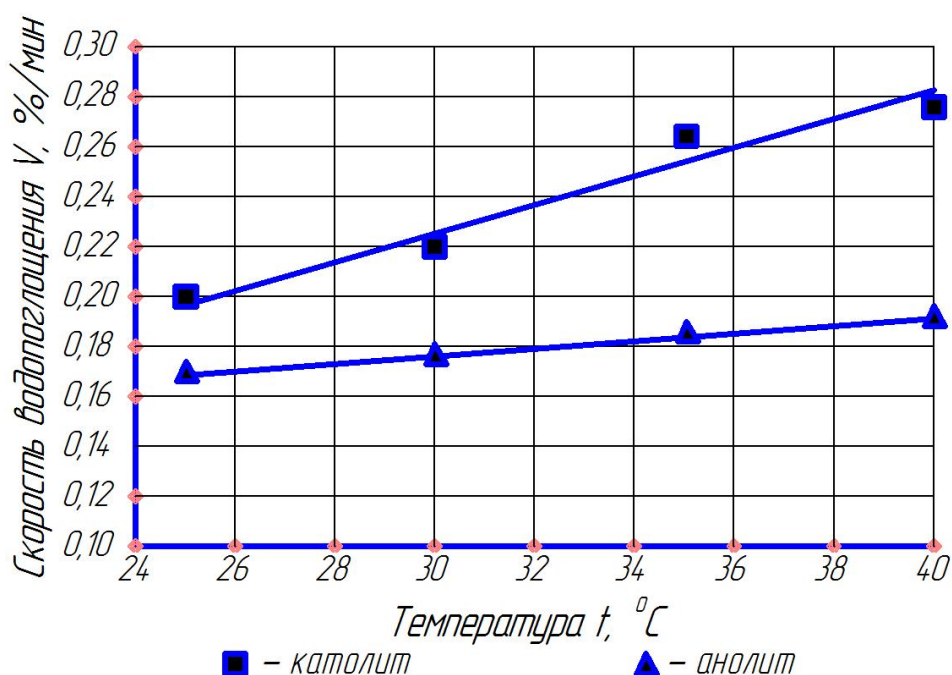


Рис. 2 – Изменение скорости удельного водопоглощения семенами пшеницы сорта «Юмпа» от температуры растворов электроактивированной воды

Анализ графических зависимостей (рисунок 2), показывает, что с увеличением температуры в обоих растворах, скорость водопоглощения семенами озимой пшеницы увеличивается. Но кислотный раствор с $H^+ > OH^-$ поглощается семенами со скоростью 0,2...0,28%/мин, а щелочной раствор с $H^+ < OH^-$ поглощается со скоростью 0,17...0,18%/мин, то есть этот показатель меньше на 17,6...55,5%.

Анализ результатов проведенных экспериментов позволяет также отметить, что семена имеют отрицательный поверхностный потенциал. Следовательно, ионы OH^- , которые характеризуются отрицательным потенциалом, не поглощались семенами, что вполне закономерно, так как одноименные электрические заряды отталкиваются друг от друга.

Эти экспериментальные исследования свидетельствуют, что, изменяя вид движущей силы в биологических объектах, можно интенсифицировать протекающие в них физико-химические процессы. Однако при этом следует отметить, что в сельскохозяйственных технологиях интенсифицировать процессы за счет применения механических и термических движущих сил уже не удастся, так как они исчерпали свои потенциальные возможности. Поэтому, на наш взгляд, необходима разработка новых технологий, основанных на совместных и отдельных применениях таких проявлений физической природы как магнитные, электрические, акустические и другие движущие силы.

Выводы. Установлено, что движущая сила является главным фактором возбуждения, протекания и интенсификации процессов в различных технологиях сельскохозяйственного производства, и при этом вид движущей силы оказывает разное влияние на сам ход процесса

в конкретной реализуемой операции. В качестве резюме можно констатировать, что в сельскохозяйственном производстве необходимо изыскивать новые виды движущих сил, позволяющих интенсифицировать процессы, позволяя тем самым повышать эффективность использования технологий в различных отраслях аграрного сектора экономики.

Библиография

1. Ксенз, Н.В. Обоснование методов исследования процессов энерго- и массообмена в системе «почва - семя - растение - приземный воздух» / Н.В. Ксенз, И.Г. Сидорцов, Е.К. Кувшинова, Н.Г. Леонтьев // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 2 (50). С. 50-58.
2. Епифанов, В.С. Термодинамика / В.С. Епифанов, А.М. Степанов. Москва : Альтаир-МГАВТ, 2015. 88 с.
3. Эткин, В.А. Актуальные задачи современной термодинамики / В.А. Эткин // Проблемы науки. 2018. 9 (33). С. 13-29.
4. Тверской, Д.Ю. Применение обобщенного термодинамического анализа в задаче определения координат технологических объектов управления / Тверской Д.Ю. // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2011. № 1. С. 88-92.
5. Oskin, S.V. Improving the Efficiency of a Non-flowing Diaphragm Electrolyzer / S.V. Oskin // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2021. Vol. 729 LNEE. P. 143-151. DOI 10.1007/978-3-030-71119-1_15.
6. Shishkina, E.L. Application of the generalized Bessel potential to the non-homogeneous singular screened Poisson equation / E.L. Shishkina // Kolmogorov readings General Control Problems and their Applications (GCP-2020). 2020. P. 98-100.
7. Косачев В.С. Обобщенная кинетическая модель переноса потенциалов в процессах сушки // В.С. Косачев, Е.Г. Степанова // Научные исследования: теория, методика и практика. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. 2018. С. 147-148.
8. Янкив, К.Ф. Зависимость скорости диффузии газов через пористую перегородку от физических параметров / К.Ф. Янкив, Т.А. Шевчук // В сборнике: Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и экологии-2018. Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 104-106.
9. Ксенз, Н.В. Электроактивация сред в технологиях сельского хозяйства как способ интенсификации производственных процессов / Н.В. Ксенз, Б.П. Чеба, И.В. Юдаев. Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2021. 306 с. (Научная мысль). ISBN 978-5-16-016462-5. DOI 10.12737/1154383.
10. Determination of the efficiency of the operation mode of nonflowing installation for electroactivation of water and aqueous solutions / N.V. Ksenz, I.G. Sidorov, I.V. Yudaev [et al.] // International Journal of Automation Technology. 2019. Vol. 13. № 4. P. 539-544. DOI 10.20965/ijat.2019.p0539.
11. Electrotechnology as One of the Most Advanced Branches in the Agricultural Production Development / V.I. Baev, I.V. Yudaev, V.A. Petrukhin [et al.] // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. Hershey, Pennsylvania: IGI Global, 2018. P. 149-175. DOI 10.4018/978-1-5225-3867-7.ch007.

References

1. Ksenz, N.V. Obosnovanie metodov issledovaniya processov jenergo- i massoobmena v sisteme «pochva - semja - rastenie - prizemnyj vozduh» [Substantiation of methods for studying the processes of energy and mass transfer in the system «soil - seed - plant - surface air»] / N.V. Ksenz, I.G. Sidorov, E.K. Kuvshinova, N.G. Leont'ev // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2020. № 2 (50). S. 50-58.
2. Epifanov, V.S. Termodinamika [Thermodynamics] / V.S. Epifanov, A.M. Stepanov. Moskva : Al'tair-MGAVT, 2015. 88 s.
3. Jetkin, V.A. Aktual'nye zadachi sovremennoj termodinamiki [Actual problems of modern thermodynamics] / V.A. Jetkin // Problemy nauki. 2018. 9 (33). S. 13-29.
4. Tverskoj, D.Ju. Primenenie obobshhennogo termodinamicheskogo analiza v zadache opredelenija koordinat tehnologicheskix ob#ektov upravlenija [Application of generalized thermodynamic analysis in the problem of determining the coordinates of technological control objects] / D.Ju. Tverskoj // Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo jenergeticheskogo universiteta. 2011. № 1. S. 88-92.
5. Oskin, S.V. Improving the Efficiency of a Non-flowing Diaphragm Electrolyzer / S.V. Oskin // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2021. Vol. 729 LNEE. P. 143-151. DOI 10.1007/978-3-030-71119-1_15.
6. Shishkina, E.L. Application of the generalized Bessel potential to the non-homogeneous singular screened Poisson equation / E.L. Shishkina // Kolmogorov readings General Control Problems and their Applications (GCP-2020). 2020. P.98-100.
7. Kosachev V.S. Obobshhennaja kineticheskaja model' perenosa potencialov v processah sushki [Generalized kinetic model of potential transfer in drying processes] // V.S. Kosachev, E.G. Stepanova // V sbornike: Nauchnye issledovaniya: teorija, metodika i praktika. Sbornik materialov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii. 2018. S. 147-148.

8. Jankiv, K.F. Zavisimost' skorosti diffuzii gazov cherez poristuju peregorodku ot fizicheskikh parametrov [Dependence of the rate of diffusion of gases through a porous partition on physical parameters] / K.F. Jankiv, T.A. Shevchuk // Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v oblasti himii i jekologii-2018. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2018. S. 104-106.

9. Ksenz, N.V. Jelektroaktivacija sred v tehnologijah sel'skogo hozjajstva kak sposob intensivizacii proizvodstvennyh processov [Electroactivation of environments in agricultural technologies as a way to intensify production processes] / N.V. Ksenz, B.P. Cheba, I.V. Judaev. Moskva : Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju «Nauchno-izdatel'skij centr INFRA-M», 2021. 306 s. (Nauchnaja mysl'). ISBN 978-5-16-016462-5. DOI 10.12737/1154383.

10. Determination of the efficiency of the operation mode of nonflowing installation for electroactivation of water and aqueous solutions / N.V. Ksenz, I.G. Sidorcov, I.V. Yudaev [et al.] // International Journal of Automation Technology. 2019. Vol. 13. № 4. P. 539-544. DOI 10.20965/ijat.2019.p0539.

11. Electrotechnology as One of the Most Advanced Branches in the Agricultural Production Development / V.I. Baev, I.V. Yudaev, V.A. Petrukhin [et al.] // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. Hershey, Pennsylvania: IGI Global, 2018. P. 149-175. DOI 10.4018/978-1-5225-3867-7.ch007.

Информация об авторах

Ксёэнз Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донского ГАУ в г. Зернограде, ул. Ленина, д. 21, г. Зерноград, Ростовская область, Россия, 347740. Тел.: +7-908-504-35-34. E-mail: ladyksenz@mail.ru

Юдаев Игорь Викторович, доктор технических наук, профессор, декан электроэнергетического факультета, главный научный сотрудник кафедры «Энергообеспечение предприятий и электротехнологии», ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГАУ, Петербургское шоссе, д.2, литера А, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия, 196601. Тел.: +79053976417. E-mail:etsh1965@mail.ru

Псюкало Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донского ГАУ в г. Зернограде, ул. Ленина, д. 21, г. Зерноград, Ростовская область, Россия, 347740. Тел.: +7-938-123-97-92. E-mail: sergei_psyukalo44@mail.ru

Information about authors

Ksenz Nikolai Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University» in Zernograd in Zernograd, Lenin st., 21, Zernograd, Rostov region, Russia, 347740. Tel.: +7-908-504-35-34. E-mail: ladyksenz@mail.ru

Yudaev Igor Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Electrical Power Faculty, Chief Researcher of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrical Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Agrarian University», Petersburg shosse, building A, 2, St. Petersburg, Pushkin, Russia, 196601. Tel.: +79053976417. E-mail: etsh1965@mail.ru

Psyukalo Sergey Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University» in Zernograd in Zernograd, Lenin st., 21, Zernograd, Rostov region, Russia, 347740. Tel.: +7-938-123-97-92. E-mail: sergei_psyukalo44@mail.ru

УДК 633.11(470.325)

И.С. Кузнецов, В.Н. Логачев, Н.В. Титов, Н.С. Чернышов

ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОВ ДЕТАЛЕЙ ПЛУНЖЕРНОЙ ПАРЫ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО ГИДРОНАСОСА

Аннотация. В настоящее время в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства работает множество энергонасыщенных машин, оснащенных различными гидравлическими системами и узлами. Машины и оборудование, выпускаемые международными концернами John Deere, CLAAS, CASE, New Holland, Ростсельмаш, оснащаются гидравлическим оборудованием производителей Bosch Rexroth, Hydro Leduc, Sauer-Danfoss, Linde, следует отметить, что отечественные производители наиболее часто отдают предпочтение гидравлическому оборудованию компании Sauer-Danfoss. В данной статье приведены исследования износов основной рабочей пары «плунжер-блок» гидравлического насоса Danfoss FR-L-090C трактора К-744 производства группы компаний ПАО «Кировский завод». Аксиально-поршневой насос Danfoss FR-L-090C, работающий в замкнутых гидравлических контурах, обладает переменным рабочим объемом, за счет наклона опорной шайбы. Производительность данного насоса зависит от зазоров в соединении основной рабочей пары, величина которых, в свою очередь, зависит от процесса естественного изнашивания. Основную рабочую пару «плунжер-блок» измеряли в трех сечениях под разными углами в двух взаимно перпендикулярных направлениях, в результате каждый плунжер и каждое отверстие корпуса измеряли шесть раз. В качестве номинального размера принимали значение 22,7 мм, а в качестве посадки принимали посадку с зазором «RC2» американского «дюймового» стандарта. Измерения плунжеров проводили с помощью микрометра МКЦ - 25 0,001 SHAN, с ценой деления 1 мкм. Измерения отверстий блока проводили цифровым нутромером НВЦ 10-30 0,005 QLR, с ценой деления 5 мкм. Помимо измерений, осуществляли визуальный контроль рабочих поверхностей со следами износа, характерных для фреттинг-изнашивания. Исследования позволили установить: средние размеры изношенных деталей плунжерной пары, характер износов исследуемых деталей и зазоры соединений. По опытной информации построены теоретические дифференциальные и интегральные кривые. Для восстановления деталей плунжерной пары предлагается использовать технологию, включающую в себя электроискровую наплавку и ряд операций механической обработки.

Ключевые слова: аксиально-поршневой гидронасос, плунжер, корпус, износ, зазор, измерение.

STUDIES OF WEAR OF PARTS OF A PLUNGER PAIR OF AN AXIAL PISTON HYDRAULIC PUMP

Abstract. Currently, many energy-saturated machines equipped with various hydraulic systems and assemblies are operating in various industries and agriculture. Machines and equipment manufactured by international concerns John Deere, CLAAS, CASE, New Holland, Rostselmash are equipped with hydraulic equipment from manufacturers Bosch Rexroth, Hydro Leduc, Sauer-Danfoss, Linde, it should be noted that domestic manufacturers most often prefer hydraulic equipment from Sauer-Danfoss. This article presents studies of the wear of the main working pair «plunger-block» of the Danfoss FR-L-090C hydraulic pump of the K-744 tractor manufactured by the KirovskyZavod Group of companies. The axial piston pump Danfoss FR-L-090C operating in closed hydraulic circuits has a variable displacement, due to the inclination of the support washer. The performance of this pump depends on the gaps in the connection of the main working pair, the size of which, in turn, depends on the process of natural wear. The main working pair «plunger-block» was measured in three sections at different angles in two mutually perpendicular directions, as a result, each plunger and each hole of the housing were measured six times. A value of 22.7 mm was taken as the nominal size, and a landing with a gap of «RC2» of the American «inch» standard was taken as a landing. The plungers were measured using a micrometer MCC - 25 0.001 SHAN, with a division price of 1 micron. Measurements of the holes of the block were carried out with a digital NVC 10-30 nutrometer 0.005 QLR, with a division price of 5 microns. In addition to measurements, visual inspection of working surfaces was carried out, along with signs of wear characteristic of fretting wear. The studies allowed us to establish: the average dimensions of the worn parts of the plunger pair, the nature of the wear of the studied parts and the gaps of the joints. Theoretical differential and integral curves are constructed based on experimental information. To restore the parts of the plunger pair, it is proposed to use a technology that includes electric spark surfacing and a number of machining operations.

Keywords: axial piston hydraulic pump, plunger, housing, wear, clearance, measurement.

Введение. В настоящее время в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства работает множество энергонасыщенных машин, оснащенных различными гидравлическими системами и узлами. Машины и оборудование, выпускаемые международными концернами JohnDeere, CLAASS, CASE, New Holland, Ростсельмаш, оснащаются гидравлическим оборудованием производителей Bosch Rexroth, Hydro Leduc, Sauer-Danfoss, Linde. Сле-

дует отметить, что отечественные производители наиболее часто отдают предпочтение гидравлическому оборудованию компании Sauer-Danfoss. За счет таких качеств как, надежность, ремонтпригодность, доступная цена и компетентное сервисное обслуживание, продукция Sauer-Danfoss получила заслуженную популярность среди отечественных производителей сельскохозяйственных машин и тракторов. Компания Sauer-Danfoss является производителем более двух тысяч вариантов гидравлических машин, в том числе гидронасосов и гидромоторов различных типоразмеров и исполнений, также продукция компании адаптирована под различные климатические условия. Так, например, группа компаний «Кировский завод» оснащает выпускаемые тракторы модели К-744 гидронасосами Danfoss FR-L-090С. Основной рабочей парой гидронасоса Danfoss FR-L-090С, лимитирующей ресурс, является соединение «плунжер-корпус». При износе сопрягаемых деталей данного соединения происходит снижение рабочего давления и, как следствие, производительности [1-6]. Причинами ускоренного изнашивания основной рабочей пары, чаще всего, являются низкое качество рабочей жидкости и наличие в ней частиц абразива. В связи с этим, считаем, что исследования износа деталей соединения является актуальной научной проблемой.

Цель исследования – оценить износ деталей основной рабочей пары «плунжер-корпус» гидронасоса Danfoss FR-L-090С.

Методика экспериментальных исследований. В качестве объектов исследования были выбраны детали основной рабочей пары «плунжер-корпус» гидронасоса Danfoss FR-L-090С. Данный насос относится к аксиально-поршневой группе и устанавливается на тяжелом тракторе К-744 производства компании ПАО «Кировский завод». Микрометрические исследования деталей основной рабочей пары осуществляли цифровыми измерительными средствами, в частности плунжеры измеряли микрометром МКЦ - 25 0,001 SHAN, с ценой деления 1 мкм, а отверстия в корпусе измеряли нутромером НВЦ 10-30 0,005 QLR, с ценой деления 5 мкм(рисунок 1).



а) плунжер



б) отверстие корпуса

Рис. 1 – Микрометрические исследования

Измерение деталей осуществляли в трех сечениях, под разными углами и в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, в результате каждый плунжер и каждое отверстие корпуса измеряли по шесть раз (рисунок 2). Перед измерением поверхности деталей очищались обезжиривателем универсальным ТУ 2319-002-71371272-2004. Рабочие поверхности плунжеров и цилиндров изучали с помощью лупы ЛИ -3-10х ГОСТ 25706-83.

В связи с тем, что весьма затруднительно найти сборочный и рабочие чертежи объектов исследования, воспользуемся данными работы [6] и примем за номинальный размер соединения – 22,7 мм. Следует отметить, что размеры на эскизах работы [6] указаны в дюймах,

поэтому посадку с зазором «RC2» возьмем из американского стандарта ANSI fit. Посадка RC2 соответствует посадке H6/g5 ГОСТ 25347-82 (рисунок 2).

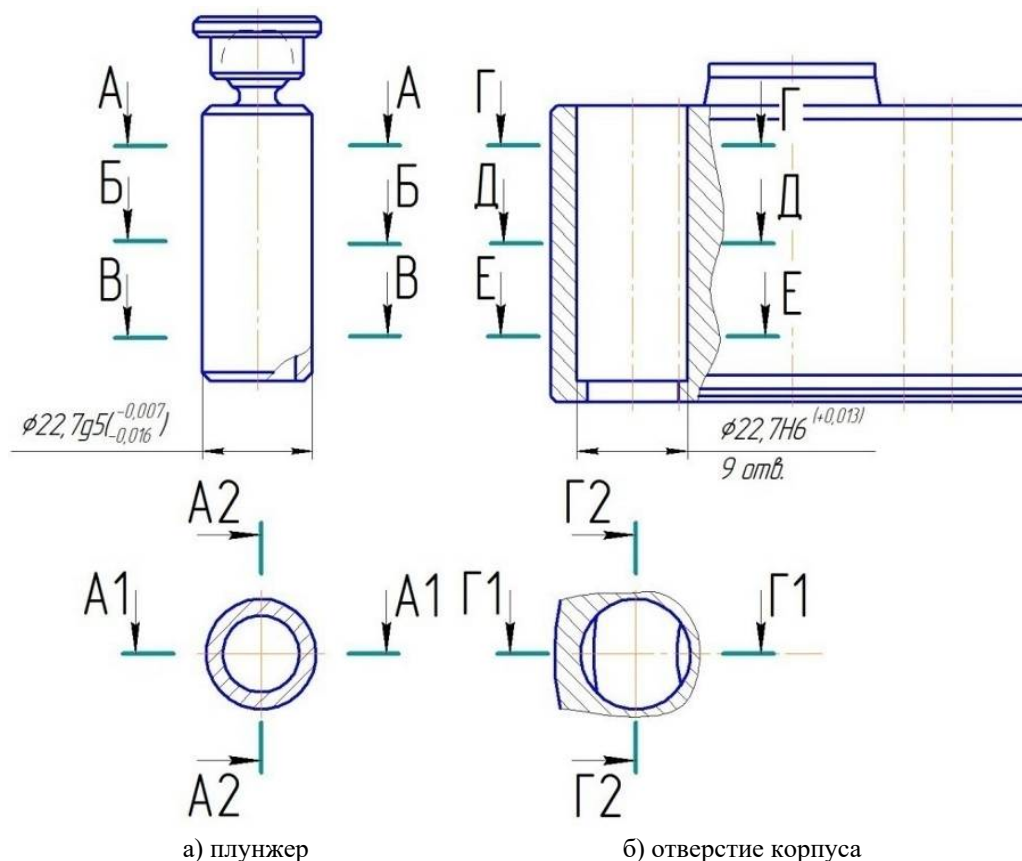


Рис. 2 – Эскиз схемы измерений

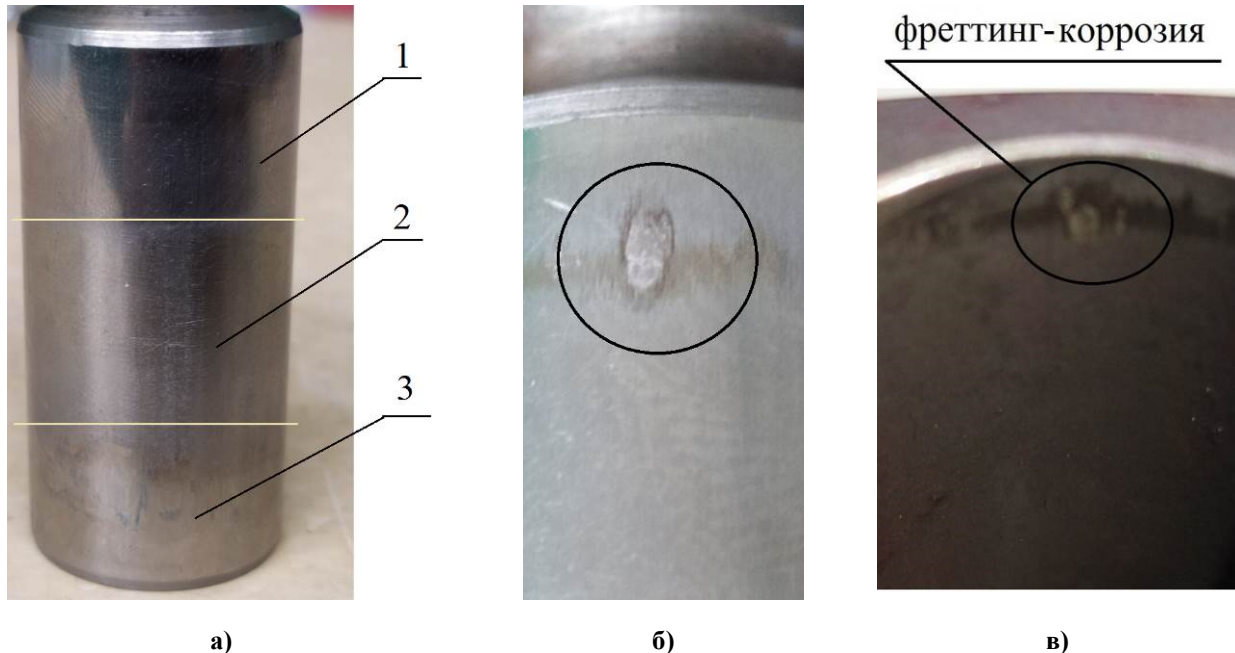
В нашем исследовании износов соединения «шар плунжера-подпятник» касаться не будем, так как на производительность гидронасоса они прямо не влияют. При этом, надо отметить, что износ этого соединения будет оказывать значительное влияние на изнашивание деталей основной рабочей пары, а, следовательно, вторично и на производительность насоса. Целесообразно рассмотреть износ соединения «шар плунжера-подпятник» совместно с износом наклонной шайбы гидронасоса в отдельной работе.

Результаты экспериментальных исследований. На рисунке 2,а представлено фото плунжера, на котором отчетливо видно, что плунжер имеет минимум три изношенные зоны. Визуальный осмотр рабочей поверхности плунжера и корпуса показал, что в зоне №1 имеются следы местного износа (рисунок 2,б), с характерными чертами фреттинг-коррозии.

Анализируя опытную информацию, можем говорить, что исследуемые плунжеры имеют конусность, а именно, нижняя зона плунжера изношена на 1...2 мкм больше, чем верхняя. Исследования корпуса показали, что он имеет обратную конусность по сравнению с плунжером, а верхняя зона изношена на 1...2 мкм больше нижней. Эллипсность на объектах исследования не наблюдается.

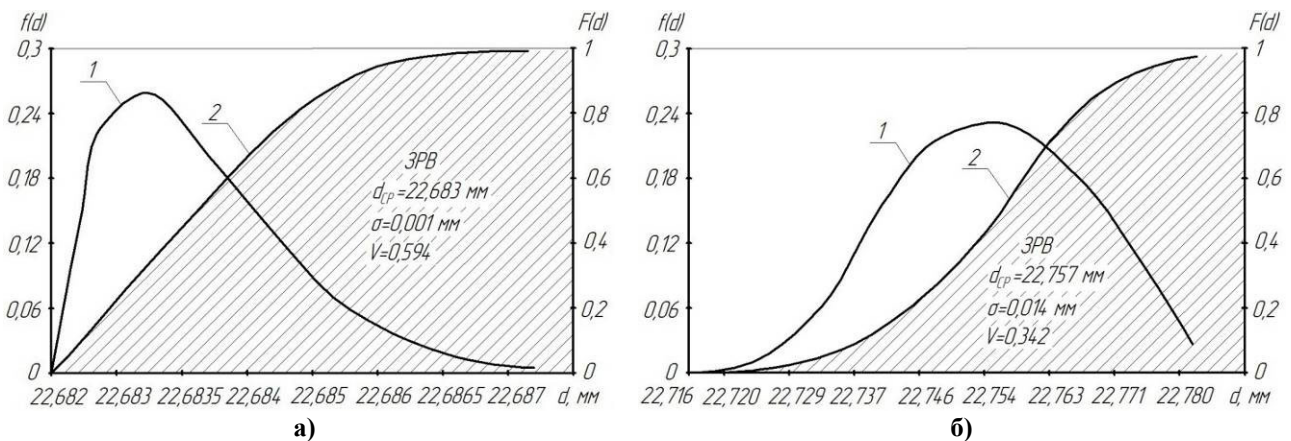
Статистические исследования выборки из 54 значений диаметров плунжеров показали, что совокупность измеренных данных подчиняется закону распределения Вейбулла, при этом: средний диаметр составляет 22,683 мм, максимальный диаметр 22,686 мм, коэффициент вариации 0,594. Выборка из 54 значений диаметров отверстий корпуса также подчиняется закону распределения Вейбулла: средний диаметр отверстий составляет 22,757 мм, максимальный диаметр 22,777 мм, коэффициент вариации 0,342. Построенные теоретические интегральные и дифференциальные кривые распределения вероятностей представлены на рисунке 4.

Расчетное значение минимального допустимого размера диаметра плунжера для поля допуска g5 составил 22,684 мм, тогда средний износ плунжера от минимально допустимого диаметра равен 1 мкм. По аналогии, максимальный допустимый диаметр отверстия корпуса составил 22,713 мм (при поле допуска H6). В результате средний износ отверстий корпуса от максимально допустимого диаметра составляет 44 мкм, а средний зазор соединения составляет 74 мкм. Полученное значение среднего зазора коррелируется с данными работы [5] с расхождением не более 5%.



а – изношенная рабочая поверхность плунжера; б – фреттинг-коррозия на плунжере; в – фреттинг-коррозия в отверстии корпуса; 1 – верхняя зона плунжера; 2 – средняя зона плунжера; 3 – нижняя зона плунжера

Рис. 3 – Изношенные детали основной рабочей пары



а – плунжеров; б – отверстий корпуса; 1 – дифференциальная; 2 – интегральная

Рис. 4 – Теоретические кривые распределения размеров деталей

Полученные значения износов позволяют предложить ремонтному производству технологию восстановления деталей основной рабочей пары. Технология заключается в развертывании отверстий корпуса под ремонтный размер и нанесении электроискрового покрытия на плунжер [7-14], с последующей его механической обработкой.

Выводы. Исследованиями установлено, что:

- средний диаметр плунжера 22,683 мм, при износе 1 мкм;
- средний диаметр отверстия корпуса 22,757 мм, при износе 44 мкм;
- средний зазор изношенного соединения «плунжер - отверстие корпуса» 74 мкм;

- изношенные плунжеры имеют конусность – нижняя часть плунжера на 1..2 мкм меньше, чем верхняя часть;
- отверстия корпуса имеют обратную конусность по сравнению с плунжером, а верхняя часть изношена на 1..2 мкм больше нижней части;
- отдельные отверстия корпуса и плунжеры имеют следы фреттинг-коррозии.

Библиография

1. Пьянзов С.В., Ионов П.А., Земсков А.М., Столяров А.В. Моделирование связи крутящего момента объемного гидропривода с параметрами гидравлического нагружающего устройства // Технический сервис машин. 2021. № 1 (142). С. 72-82.
2. Ионов П.А., Столяров А.В., Земсков А.М. Моделирование напряженно-деформированного состояния в соединениях гидропривода // СТИН. 2020. № 10. С. 7-10.
3. Ионов П.А., Земсков А.М., Столяров А.В., Тимохин С.В. Исследование влияния давления в системе управления на работоспособность и долговечность объемного гидропривода sauerdanfoss серии 90 // Технический сервис машин. 2020. № 4 (141). С. 54-63.
4. Ionov P.A., Stolyarov A.V., Zemskov A.M. Stress–strain state of hydraulic drives // Russian Engineering Research. 2020. Т. 40. № 12. С. 1078-1080.
5. Технология ремонта аксиально-поршневых гидромашин: монография / П.А. Ионов, П.В. Сенин, А.В. Столяров; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – Саранск, 2019. – 184 с.
6. Technical Information Series 90 Axial Piston Pumps Technical Information Manual / Information Series 90 Axial Piston Technical. — Текст : электронный // Danfoss ENGINEERING TOMORROW : [сайт]. — URL: <https://hydroni.ru/upload/1c/origin/Danfoss-90-Series.pdf> (дата обращения: 20.05.2022).
7. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Izmaylov A.Y., Solovyev R.Y., Sharifullin S.N. Investigation of finemetnanocrystalline alloy coating obtained by the electric spark method // International Journal of Nanotechnology. 2018. Т. 15. № 4-5. С. 380-387.
8. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Izmaylov A.Y., Solovyev R.Y., Sharifullin S.N. Investigations of nanocrystalline alloy electrospark coating made of nanocrystalline alloy based on 5cp ferrum // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. С. 012047.
9. Кузнецов И.С., Коломейченко А.В., Малинин В.Г. Восстановление посадочных мест под подшипники электроискровой обработкой // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2017. № 8. С. 20-22.
10. Kuznetsov I.S., Kolomeichenko A.V., Pavlov V.Z. Process of mass transfer of amorphous alloys under low-voltage electric spark treatment // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2017. Т. 53. № 4. С. 333-338.
11. Кузнецов И.С., Прокошина Т.С. Анализ состояния изношенных пальцев жаток современных зерноуборочных комбайнов // Агротехника и энергообеспечение. 2017. № 1-2 (14). С. 5-11.
12. Кузнецов И.С. Расчетная оценка сопротивления искрового канала при электроискровой обработке // Упрочняющие технологии и покрытия. 2016. № 8 (140). С. 26-29.
13. Коломейченко А.В., Кузнецов И.С., Кравченко И.Н. Толщина и микротвердость покрытий из аморфных и нанокристаллических сплавов, нанесенных электроискровой обработкой // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2014. № 10. С. 45-48.
14. Кузнецов И.С. Электроискровая обработка электродами из аморфных и нанокристаллических сплавов режущих деталей // Труды ГОСНИТИ. 2011. Т. 108. С. 230-233.

References

1. P'yanzov S.V., Ionov P.A., Zemskov A.M., Stolyarov A.V. Modelirovaniye svyazi krutyashchego momenta ob"yemnogo gidroprivoda s parametrami gidravlicheskogo nagruzhayushchego ustroystva [Modeling of the coupling of the torque of a volumetric hydraulic drive with the parameters of a hydraulic loading device] // Tekhnicheskii servis mashin. 2021. № 1 (142). S. 72-82.
2. Ionov P.A., Stolyarov A.V., Zemskov A.M. Modelirovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya v soyedineniyakh gidroprivoda [Modeling of the coupling of the torque of a volumetric hydraulic drive with the parameters of a hydraulic loading device] // STIN. 2020. № 10. S. 7-10.
3. Ionov P.A., Zemskov A.M., Stolyarov A.V., Timokhin S.V. Issledovaniye vliyaniya davleniya v sisteme upravleniya na rabotosposobnost' i dolgovechnost' ob"yemnogo gidroprivoda sauerdanfoss serii 90 [Investigation of the influence of pressure in the control system on the performance and durability of the sauerdanfoss series 90 volumetric hydraulic drive] // Tekhnicheskii servis mashin. 2020. № 4 (141). S. 54-63.
4. Ionov P.A., Stolyarov A.V., Zemskov A.M. Stress–strain state of hydraulic drives // Russian Engineering Research. 2020. Т. 40. № 12. P. 1078-1080.
5. Tekhnologiya remonta aksial'no-porshnevyykh gidromashin [Technology of repair of axial piston hydraulic machines]: monografiya / P.A. Ionov, P.V. Senin, A.V. Stolyarov; Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossiyskoy Federatsii, Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obra-

zovaniya «Natsional'nyy issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogarova». – Saransk, 2019. – 184 s.

6. Technical Information Series 90 Axial Piston Pumps Technical Information Manual / Information Series 90 Axial Piston Technical. – Текст: электронный // Danfoss ENGINEERING TOMORROW: [сайт]. – URL: <https://hydroni.ru/upload/1c/origin/Danfoss-90-Series.pdf> (дата обращения: 20.05.2022).

7. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Izmaylov A.Y., Solovyev R.Y., Sharifullin S.N. Investigation of finemetnanocrystalline alloy coating obtained by the electric spark method // International Journal of Nanotechnology. 2018. Vol. 15. № 4-5. P. 380-387.

8. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Izmaylov A.Y., Solovyev R.Y., Sharifullin S.N. Investigations of nanocrystalline alloy electrospark coating made of nanocrystalline alloy based on 5cp ferrum // Vsbornik: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. P. 012047.

9. Kuznetsov I.S., Kolomeychenko A.V., Malinin V.G. Vosstanovleniye posadochnykh mest pod podshipniki elektroiskrovoy obrabotkoy [Restoration of seats for bearings by electrospark machining] // Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya. 2017. № 8. S. 20-22.

10. Kuznetsov I.S., Kolomeichenko A.V., Pavlov V.Z. Process of mass transfer of amorphous alloys under low-voltage electric spark treatment // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2017. Vol. 53. № 4. P. 333-338.

11. Kuznetsov I.S., Prokoshina T.S. Analiz sostoyaniya iznoshennykh pal'tsev zhatok sovremennykh zernouborochnykh kombaynov [Analysis of the state of worn fingers of harvesters of modern combine harvesters] // Agrotekhnika i energoobespecheniye. 2017. № 1-2 (14). S. 5-11.

12. Kuznetsov I.S. Raschetnaya otsenka soprotivleniya iskrovogo kanala pri elektroiskrovoy obrabotke [Calculated estimation of the spark channel resistance during electric spark processing] // Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya. 2016. № 8 (140). S. 26-29.

13. Kolomeychenko A.V., Kuznetsov I.S., Kravchenko I.N. Tolshchina i mikrotverdost' pokrytiy iz amorfnykh i nanokristallicheskikh splavov, nanesennykh elektroiskrovoy obrabotkoy [Thickness and microhardness of coatings made of amorphous and nanocrystalline alloys deposited by electric spark treatment] // Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya. 2014. № 10. S. 45-48.

14. Kuznetsov I.S. Elektroiskrovaya obrabotka elektrodami iz amorfnykh i nanokristallicheskikh splavov rezhushchikh detaley [Electrospray treatment with electrodes from amorphous and nanocrystalline alloys of cutting parts] // Trudy GOSNITI. 2011. T. 108. S. 230-233.

Сведения об авторах

Кузнецов Иван Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: ivan-654@yandex.ru

Логачев Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: logvovan@mail.ru

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

Чернышов Николай Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: black-79@mail.ru

Information about authors

Kuznetsov Ivan Sergeevich, 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: Ivan-654@yandex.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

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

Chernyshov Nikolay Sergeevich, 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: black-79@mail.ru

УДК 631.363.7

А.В. Мачкарин, А.В. Рыжков

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДОЗАТОРА СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ

Аннотация. Повышение эффективности производства продукции животноводства – важнейшая задача работников агропромышленного комплекса. Одним из основных факторов получения молока высокого качества является сбалансированное круглогодичное кормление животных, что обеспечивается системой машин и оборудования для производства и подготовки кормов к скармливанию животным. Подготовка кормов к скармливанию – важнейшая технологическая операция на животноводческих фермах и комплексах, которая ведется ежедневно, круглогодично. Основные задачи кормопроизводства – обеспечение сбалансированного кормления животных для получения высоких привесов и надоев, рациональное использование кормов. Эффективность кормления повышается при улучшении питательности корма, снижении безвозвратных потерь, повышении уровня механизации и автоматизации применяемого оборудования. В статье на основании выполненных исследований осуществлено теоретическое обобщение и решена задача, имеющая важное народнохозяйственное значение для отрасли животноводства по повышению эффективности функционирования машин и оборудования для выращивания телят, обеспечивающая рост продуктивности животных. Теоретические исследования выполнялись с использованием методов теоретической механики, аналитической геометрии, математического моделирования и анализа. Количество выдаваемого корма можно регулировать изменением скорости опускания транспортера $v_{оп}$ и скорости перемещения дозатора v_m . Точность расчета производительности дозатора на выдаче кормов зависит от правильности выбора величины γ и ψ . В результате теоретического обоснования режимно-конструктивных параметров счесывающего транспортера получены формулы для определения производительности дозатора, траектория процесса счесывания, коэффициент заполнения межгребенчатого пространства, объемы отделяемых гребенками порций корма, размеры и число счесывающих граблин. Удельное сопротивление отделению корма граблиной будет зависеть от величины внедрения пальцев в кормовую массу.

Ключевые слова: корм, дозатор, производительность, равномерность.

THEORETICAL STUDIES OF THE WORKING PROCESS OF THE DISPENSER STEM FEED

Abstract. Increasing the efficiency of livestock production is the most important task for workers in the agro-industrial complex. One of the main factors for obtaining high quality milk is a balanced year-round feeding of animals, which is provided by a system of machines and equipment for the production and preparation of feed for feeding to animals. Feed preparation for feeding is the most important technological operation on livestock farms and complexes, which is carried out daily, all year round. The main tasks of fodder production are to ensure balanced feeding of animals to obtain high weight gain and milk yield, rational use of fodder. The efficiency of feeding increases with the improvement of the nutritional value of the feed, the reduction of irretrievable losses, the increase in the level of mechanization and automation of the equipment used. In the article, on the basis of the research carried out, a theoretical generalization was carried out and a problem was solved that is of great national economic importance for the livestock industry to improve the efficiency of the functioning of machines and equipment for raising calves, which ensures the growth of animal productivity. Theoretical studies were carried out using the methods of theoretical mechanics, analytical geometry, mathematical modeling and analysis. The amount of feed dispensed can be adjusted by changing the conveyor lowering speed v_{op} and the dispenser movement speed v_m . The accuracy of calculating the productivity of the feed dispenser depends on the correct choice of the values of γ and ψ . As a result of the theoretical substantiation of the regime and design parameters of the combing conveyor, formulas were obtained for determining the productivity of the dispenser, the trajectory of the combing process, the filling factor of the inter-comb space, the volume of feed portions separated by the combs, the size and number of the combing tines. The specific resistance to the separation of feed by a rake will depend on the size of the penetration of the fingers into the feed mass.

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

Постановка проблемы. В 2021 году доля фермерской сельхозпродукции в ее валовом производстве в стране увеличилась с 13,7% до 14,3%. При этом индекс производства превысил 103,8% – это наибольший темп роста в сельском хозяйстве. Именно малыми предприятиями обеспечен рост поголовья и в целом положительная динамика в российском животноводстве по итогам прошлого года [1].

Вопросы кормозаготовки в Белгородской области очень актуальны, так как стоит задача обеспечения отрасли животноводства качественными кормами. Заготовку кормов агра-

рии ведут с постоянной проверкой качества и использованием современных технологий, предложенных учеными аграриями. Прочная кормовая база позволит животноводам реализовать высокий генетический потенциал крупного рогатого скота и получить увеличение объемов молока и другой животноводческой продукции.

Здоровый приплод и высокая молочная продуктивность дойного стада зависит от качества рациона кормления коров. Поэтому тем, кто занимается скотоводством в домашних и промышленных масштабах, необходимо соблюдать определённые правила откорма коров, быков и телят. Рацион кормления КРС должен быть сбалансированным и полноценным, удовлетворять физиологические потребности организма коровы в различные периоды, компенсировать потребность в питательных и биоактивных веществах [2].

Правильно подобранный рацион кормления коров – залог повышения рентабельности хозяйства. На основании выполненных исследований осуществлено теоретическое обобщение и решена задача, имеющая важное народнохозяйственное значение для отрасли животноводства по повышению эффективности функционирования машин и оборудования для выращивания телят, обеспечивающая рост продуктивности животных.

Цель работы – провести теоретический анализ рабочего процесса предложенного дозатора стебельных кормов для телят.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- получить основные уравнения для расчета конструктивно-технологических и режимных параметров дозатора;

- установить аналитическую зависимость удельного сопротивления $P_{уд}$ отделению корма граблиной от величины внедрения пальца в кормовой бурт ΔS и ряд других параметров;

- получить уравнение для определения мощности $N_{сч}$, потребляемой транспортером на счесывание корма.

Материал исследований. Необходимым условием работоспособности дозатора является:

$$Q_{тр} \geq Q_{оп} . \quad (1)$$

В зависимости от скорости опускания $v_{оп}$ счесывающего транспортера и относительной скорости транспортера $v_{тр}$ вид траектории может изменяться. Обозначим отношение:

$$\frac{v_{тр}}{v_{оп}} = \lambda \quad (2)$$

Работоспособность счесывающего транспортера будет обеспечена в том случае, если:

$$v_{тр} > v_{оп} , \text{ то есть } \lambda > 1.$$

Количество выгружаемого корма в кормушку за единицу времени при известной скорости опускания счесывающего транспортера $v_{оп}$, длине кормового бурта L , ширине бункера B и плотности корма ρ определится, по формуле:

$$Q = v_{оп} L B \gamma \psi , \quad (3)$$

где ψ – коэффициент заполнения межскребкового пространства.

Количество корма, приходящегося на длину кормушки, определится из выражения:

$$g_1 = \frac{Q}{v_M} , \quad (4)$$

где v_M – скорость кормораздатчика, км/ч.

Подставляя в выражение (4) значение Q из формулы (3) получим формулу для определения количества выдаваемого корма на погонный метр фронта кормления:

$$g_1 = \frac{v_{оп} L B \gamma \psi}{v_M} . \quad (5)$$

Для дозатора величины В и L являются постоянными, следовательно

$$g_1 = \frac{v_{on} S_i \gamma \psi}{v_M} \quad (6)$$

Из формулы (6) видно, что количество выдаваемого корма можно регулировать изменением скорости опускания транспортера $v_{оп}$ и скорости перемещения дозатора v_M . Точность расчета производительности дозатора на выдаче кормов по формуле (5) зависит от правильности выбора величины γ и ψ . Рядом исследований установлено, что плотность слоев корма, расположенных на разной глубине бункера, не является величиной постоянной, а изменяется от глубины их расположения [3]. Следовательно, по мере опорожнения бункера производительность машины, а значит и количество корма на погонный метр фронта может изменяться.

Рассмотрим характер изменения плотности корма от глубины залегания. Элементарный объем корма, размещенного в бункере (рисунок 1), находится в статическом равновесии, то есть его сила тяжести компенсируется градиентом давления, возникающим вследствие реакции нижележащих и давлением вышележащих слоев корма плюс давление, оказываемое транспортером:

$$\nabla \vec{P} = \frac{\partial P}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial P}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial P}{\partial z} \vec{k} \quad (7)$$

Так как по осям x и y элементарный объем находится в статическом равновесии, то:

$$\frac{\partial P}{\partial x} \vec{i} = 0 ; \quad \frac{\partial P}{\partial y} \vec{j} = 0 .$$

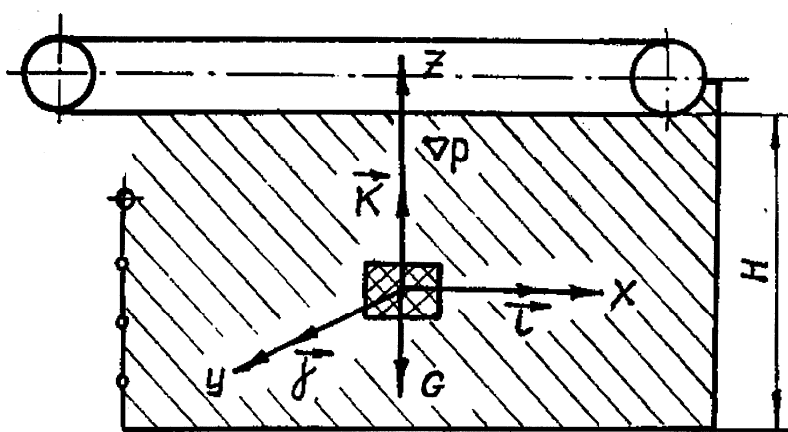


Рис. 1 – К анализу изменения плотности корма по высоте бурта

Вследствие этого градиент давления будет иметь вид:

$$\nabla P = \frac{\partial P}{\partial H} \quad (8)$$

Предположим, что $P = \gamma g H$ тогда:

$$\frac{\partial P}{\partial H} = \gamma g \quad (9)$$

Тогда уравнение примет вид: $\nabla P = g\gamma$

Откуда

$$dp = g \gamma dH. \quad (10)$$

В рассматриваемом случае имеется давление, сказываемое транспортером и весом верхних и реакцией нижних слоев корма.

Изменение давления будет тем больше, чем выше плотность корма и градиента его плотности [4]:

$$d\gamma = \mu_2 \gamma d\gamma, \quad (11)$$

где μ_2 – коэффициент пропорциональности.

Сопоставляя уравнение (10) и уравнение (11), получим искомое дифференциальное уравнение, которое дает зависимость изменения плотности корма в бункере от глубины залегания:

$$\mu_2 \gamma d\gamma = \gamma g dH; \quad (12)$$

$$d\gamma = \frac{g}{\mu_2} dH. \quad (13)$$

Интегрируя уравнение (13), получим его общее решение:

$$\int d\gamma = \int \frac{g}{\mu_2} dH; \quad (14)$$

$$\int d\gamma = \frac{g}{\mu_2} \int dH; \quad (15)$$

$$\gamma = \frac{g}{\mu_2} H + C. \quad (16)$$

Постоянную интегрирования C находим из условия, что при

$$H = 0 \quad \gamma = \gamma_0$$

где γ_0 – начальная плотность, кг/м³. Тогда $C = \gamma_0$. Частное решение уравнения (16) будет иметь вид:

$$\gamma = \gamma_0 + \frac{g}{\mu_2} H; \quad (17)$$

$$\gamma = \gamma_0 \left(1 + \frac{g}{\mu_2 \gamma_0} H\right). \quad (18)$$

Обозначив через $\alpha_1 = \frac{g}{\mu_2 \gamma_0}$, получим уравнение изменения плотности от глубины за-

легания:

$$\gamma = \gamma_0 (1 + \alpha_1 H). \quad (19)$$

Здесь смысл α_1 заключается в том, что это – линейный коэффициент плотности с размерностью $[\alpha_1] = \text{м}^{-1}$.

Так как

$$\alpha_1 = \frac{g}{\mu_2 \gamma_0}. \quad (20)$$

Из выражения (20) определим значение коэффициента:

$$\mu_2 = \frac{g}{\alpha_1 \rho_0}. \quad (21)$$

Размерность коэффициента $[\mu_2] = \text{м}^5/\text{кг с}$.

Величина коэффициента μ для каждого вида корма будет различной.

Подставляя значение выражения (19) в выражение (3), получим формулу производительности дозатора в общем виде:

$$Q = v_{on}LB\psi\gamma_0(1 + \alpha_1H). \quad (22)$$

Для малоуплотняющихся материалов коэффициент сжимаемости кормов можно принять равным нулю: $\gamma_0 \approx \gamma$.

Величина ψ является отношением объема корма на участке между граблинами к геометрическому объему этого участка. В нашем случае межребенчатое пространство заполняется кормом за счет опускания счесывающего транспортера и за счет поступательного движения каждой из граблин цепного контура [5].

Объем материала, срезаемого каждой граблиной за время одного рабочего прохода, определим, как произведение суммарной площади сечений I и II участков на ширину граблины (рисунок 2).

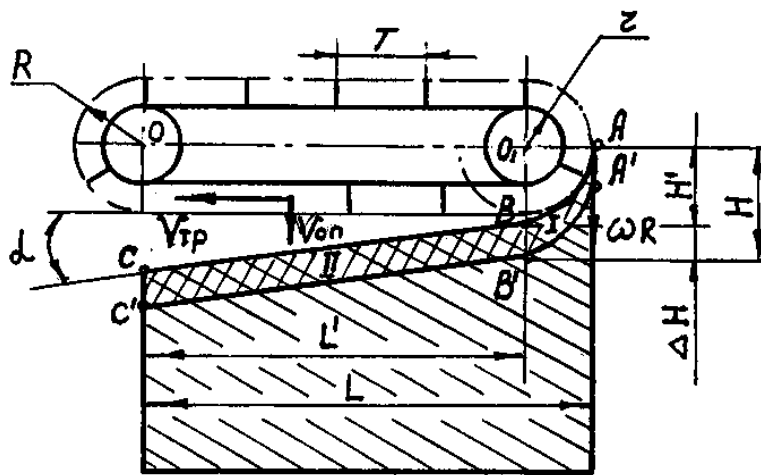


Рис. 2 – Схема работы счесывающего транспортера дозатора

Координаты движения конца пальца граблины на участке АВ имеют вид:

$$x = L' + R \cos \omega t; \quad y = -(R \sin \omega t + v_{on}t). \quad (23)$$

На участке А'В':

$$x = L' + R \cos \omega t; \quad y = -(v_{on} \frac{T}{\omega r} + R \sin \omega t + v_{on}t). \quad (24)$$

Координаты движения на участке ВС:

$$x = L' - \omega r t; \quad y = -v_{on}t. \quad (25)$$

Координаты движения конца пальца на участке В'С' будут равны:

$$x = L' - \omega r t; \quad y = -(v_{on} \frac{T}{\omega r} + v_{on}t). \quad (26)$$

Для упрощения вычислений площади на участке I, начало координат перенесем в точку O_1 , тогда система уравнений (23) примет вид:

$$x = R \cos \omega t; \quad y = -(R \sin \omega t + v_{on}t). \quad (27)$$

А выражение (24) примет вид:

$$x = R \cos \omega t; \quad y = -(v_{on} \frac{T}{\omega r} + R \sin \omega t + v_{on}t). \quad (28)$$

Из формулы (28) получим уравнение траектории движения конца пальца счесывающего транспортера на участке АВ исключив время t, с:

$$\cos \omega t = \frac{x}{R}; \quad \sin \omega t = \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}}; \quad y_{AB} = -R \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}} + v_{on} \frac{1}{\omega}. \quad (29)$$

Аналогичным методом получаем уравнение движения конца пальца счесывающего транспортера на участке А'В':

$$y_{A'B'} = -\left(v_{on} \frac{T}{\omega r} + R \sqrt{1 - \frac{x^2}{R^2}} + v_{on} \arccos \frac{x}{R}\right). \quad (30)$$

Зная уравнение кривых АВ и А'В' определим площадь участков движения концов пальцев граблин счесывающего транспортера [6]:

$$\begin{aligned} S_I &= \int_0^R (y_{AB} - y_{A'B'}) dx; \\ S_I &= \int_0^R v_{on} \frac{T}{\omega r} dx; \\ S_I &= v_{on} \frac{T}{\omega r} R. \end{aligned} \quad (31)$$

Для вычисления площади S_{II} участка СВВ'С найдем уравнения траекторий СВ и С'В'. Для этого из уравнений (25) и (26) исключим время t :

$$\omega r t = L' - x; \quad t = \frac{L' - x}{\omega r}.$$

Тогда уравнение примет вид

$$y_{cв} = -v_{on} \frac{L' - x}{\omega r}. \quad (32)$$

Уравнение (32) выражает траекторию движения конца пальца счесывающего транспортера на участке ВС.

Аналогично получим уравнение траектории движения конца пальца счесывающего транспортера на участке С'В':

$$y_{c'в'} = -\left(v_{on} \frac{T}{\omega r} + v_{on} \frac{L' - x}{\omega}\right). \quad (33)$$

Площадь S_{II} участка СВВ'С равна:

$$\begin{aligned} S_{II} &= \int_0^{L'} \left(-v_{on} \frac{L' - x}{\omega r} + v_{on} \frac{T}{\omega r} + v_{on} \frac{L' - x}{\omega r}\right) dx; \\ S_{II} &= \int_0^{L'} v_{on} \frac{T}{\omega r} dx; \\ S_{II} &= v_{on} \frac{T}{\omega r} L'. \end{aligned} \quad (34)$$

Определим суммарную площадь корма:

$$\begin{aligned} S &= S_I + S_{II}; \\ S &= v_{on} \frac{T}{\omega r} (R + L'). \end{aligned} \quad (35)$$

Определим объем корма, счесываемого каждой граблиной за один проход:

$$V = v_{on} B \frac{T}{\omega r} (R + L'). \quad (36)$$

Коэффициент, учитывающий заполнение межгребенчатого пространства кормом, отделяемым от бурта [7]:

$$\psi = \frac{V}{V_1},$$

где V_1 – объем, занимаемый кормом в межребенчатом пространстве, m^3 .

$$V_1 = BhT,$$

где h – высота пальцев граблины, м.

Тогда

$$\psi = \frac{v_{on}(R + L')}{\omega r h}. \quad (37)$$

Так как в процессе работы счесывающего транспортера величина внедрения пальца будет зависеть от времени прохождения участка ABC (рисунок 2), то время движения конца пальца гребенки на участке AB будет:

$$\omega t_1 = \frac{\pi}{2}; \quad \text{откуда} \quad t_1 = \frac{\pi}{2\omega}.$$

За это время внедрение пальца в кормовой борт направлено по оси ОУ:

$$\Delta OY_1 = v_{on} \frac{\pi}{2\omega}.$$

Время движения конца пальца гребенки на участке BC равно:

$$t_B = \frac{L'}{v_{mp}}.$$

За это время внедрение пальца в кормовую массу составит:

$$\Delta OY_2 = \frac{L'}{v_{mp}} v_{on}. \quad (38)$$

Максимальное внедрение конца пальца гребенки счесывающего транспортера будет равно:

$$\Delta h = \Delta OY_1 + \Delta OY_2. \quad (39)$$

Учитывая, что $\lambda = \frac{v_{mp}}{v_{on}}$, $v_{mp} = \omega r$, получим окончательно:

$$\Delta h = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{\pi r}{2} + L' \right). \quad (40)$$

С учетом выражения (40) формула (37) примет вид:

$$\psi = \frac{v_{on} \lambda (R + L')}{\omega r \left(\frac{\pi r}{2} + L' \right)}. \quad (41)$$

Подставив значение из выражения (41) и выражение (3), получим формулу производительности в общем виде,

$$Q = v_{on}^2 \lambda L B \rho_0 (1 + \alpha_1 H) \frac{(R + L')}{\omega r \left(\frac{\pi r}{2} + L' \right)}. \quad (42)$$

Расстояние между пальцами граблины можно определить исходя из теории построения пальцевого (зубового) поля,

$$b_2 = \frac{n}{\mu_1} a_2, \quad (43)$$

где n – количество граблин на счесывающем транспортере, шт.; μ_1 – количество пальцев, проходящих по одному следу, шт.; a_2 – расстояние между смежными следами пальцев, равное удвоенной средней длине частиц корма, м.

Число пальцев, проходящих по одному следу, определяется по формуле:

$$\mu_1 = \frac{2\Delta h}{b_1}, \quad (44)$$

где b_1 – средняя ширина частиц корма.

Общее количество граблин на транспортере подсчитывается с помощью выражения:

$$n = \frac{b\mu_1}{2l_{ap}}, \quad (45)$$

где l_{ap} – средняя длина частиц корма, мм.

Определим шаг между граблинами отношением длины фронта счесывания (профиль АВС) к числу гребенок.

Длина фронта счесывания равна:

$$L = \frac{\pi}{2} R + L'. \quad (46)$$

Тогда шаг между граблинами будет равен:

$$T \leq \frac{l_{ap}(\pi R + 2L')}{b\mu_1}. \quad (47)$$

В результате теоретического обоснования режимно-конструктивных параметров счесывающего транспортера получены формулы для определения производительности дозатора, траектория процесса счесывания, коэффициент заполнения межгребенчатого пространства, объемы отделяемых гребенками порций корма, размеры и число счесывающих граблин [8].

Как видно из схемы (рисунок 3), для расчета отделяющих органов дозатора необходимо знать величину силы P_B , равную сопротивлению корма счесыванию граблинами, и величину силы $P_{под}$, действующую вдоль вектора скорости подачи.

Обозначим сопротивление кормового бурта счесыванию граблиной с шириной захвата l м через $P_{уд}$, тогда зависимость силы P_B от размеров рабочего органа выразится формулой:

$$P_B = P_{уд} B n, \quad (48)$$

где B – ширина граблины, м; n – число граблин на участке счесывания, шт.

Для определения силы $P_{под}$ рассмотрим процесс взаимодействия пальцев транспортера с кормом.

Граблина счесывающего транспортера воздействует на кормовой бурт передними гранями зубьев. На каждый палец, взаимодействующий с кормом, действует нормальная сила N' а вдоль пальца – сила трения F' . Сумму нормальных сил, действующих на пальцы, обозначим через N , а сумму сил трения – через F . Точкой приложения сил будем считать граблину в центре поверхности отделения корма [9].

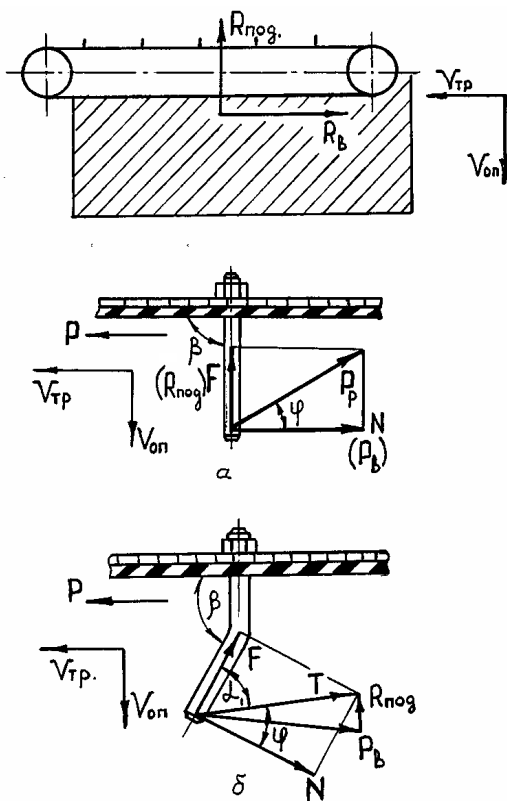


Рис. 3 – Схемы сил, действующих на граблину счесывающего транспортера

Результирующая сила P_p этих сил направлена к силе N под углом φ . Разложим результирующую силу на составляющие P_B и $R_{под}$ представляющие собой соответственно проекции на векторы скоростей $v_{тр}$ и $v_{оп}$. Тогда для схемы (рисунок 3,а):

$$R_{под} = P_B \operatorname{tg} \varphi; \tag{49}$$

$$R_{под} = P_{уд} B n_1 \operatorname{tg} \varphi. \tag{50}$$

Как видно из схемы (рисунок 3,б):

$$R_{под} = P_B \operatorname{tg}[(\beta + \varphi) - 90^0], \tag{51}$$

где β – угол вхождения пальцев в кормовой борт, град.

В зависимости от величины угла β сила $R_{под}$ изменяется по величине и по направлению. При $\beta > 90^0$ сила $R_{под}$ возрастает и под ее воздействием пальцы выталкиваются из кормовой массы.

При $\beta < 90^0$ сила $R_{под}$ возрастает и под ее воздействием вальцы заглубляются в кормовую массу. Следует заметить, что при $\beta > 90^0$ для отделения частиц корма потребуются принудительное заглубление отделяющих органов, но при этом увеличивается степень уплотнения корма передними гранями пальцев, что, в свою очередь, приведет к увеличению потерь на трение и деформацию корма.

Таким образом, равномерное и с наименьшими затратами энергии отделение частиц корма от общей массы будет обеспечиваться при условии, когда: $R_{под}$ при $\beta=90^0$.

При этом полное сопротивление перемещению граблин будет равно:

$$P = P_{уд} B n_1 + F_1, \tag{52}$$

где F_1 – сила, затрачиваемая на преодоление силы трения цепей по направляющим отделяющего органа, N . Для передвигающихся отделяющих органов:

$$F_1 = C_1 R_{под}, \tag{53}$$

где C_1 – коэффициент трения цепей по направляющим.

Подставив в уравнение (52) значение F_1 , получим формулу для определения полного сопротивления граблин:

$$P = P_{y\partial} B n_1 (1 + \operatorname{tg} \varphi). \quad (54)$$

Значение угла трения можно принять равным углу трения стеблей по стальному прутку, поскольку зубья гребенок взаимодействуют только передними гранями.

Давление, оказываемое силой P_B на кормовую массу, кгс, будет равно [10,11]:

$$P_i = \frac{P_B}{\Delta S B n}, \quad (55)$$

где ΔS – величина погружения пальцев в кормовой продукт, мм.

Подставив выражение (52) в формулу (54), получим:

$$P_i = \frac{P_{y\partial}}{\Delta S}. \quad (56)$$

Изменение давления будет тем больше, чем больше глубина погружения пальцев в кормовую массу и сила P_B .

$$dp_i = k p_i d\Delta S, \quad (57)$$

где k – коэффициент пропорциональности. Дифференцируя (55), получим

$$dp_i = \frac{\Delta S dP_{y\partial} - P_{y\partial} d\Delta S}{\Delta S^2}. \quad (58)$$

Подставим в выражение (57) с учетом выражения (56):

$$\begin{aligned} \frac{\Delta S dP_{y\partial} - P_{y\partial} d\Delta S}{\Delta S^2} &= k \frac{P_{y\partial} d\Delta S}{\Delta S}; \\ \Delta S dP_{y\partial} - P_{y\partial} d\Delta S &= k \Delta S P_{y\partial} d\Delta S; \\ \Delta S dP_{y\partial} &= P_{y\partial} (1 + k \Delta S) d\Delta S. \end{aligned} \quad (59)$$

Получим линейное дифференциальное уравнение,

$$\frac{dP_{y\partial}}{P_{y\partial}} = \left(k + \frac{1}{\Delta S}\right) d\Delta S. \quad (60)$$

Интегрируем выражение (59),

$$\int \frac{dP_{y\partial}}{P_{y\partial}} = \int k d\Delta S + \int \frac{d\Delta S}{\Delta S}. \quad (61)$$

Получаем табличные интегралы:

$$\begin{aligned} \ln P_{y\partial} &= k \Delta S + \ln \Delta S + \ln A; \\ \ln P_{y\partial} &= \ln e^{k \Delta S} + \ln \Delta S + \ln A. \end{aligned}$$

Откуда,

$$P_{y\partial} = A \Delta S l^{k \Delta S}. \quad (62)$$

Удельное сопротивление отделению корма граблиной будет зависеть от величины внедрения пальцев в кормовую массу. Коэффициент A будет зависеть от влажности корма, а также от величины средней длины частиц корма. Таким образом, с учетом формул (54) и (62) величина сопротивления корма счесыванию граблинами составит [12, 13],

$$P_{yд} = A\Delta S l^{K\Delta S} B n_1 (1 + c_1 tg \varphi). \quad (63)$$

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

$$N = N_{xx} + N_{оп} + N_{сч}, \quad (64)$$

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

Мощность холостого хода счесывающего транспортера определим по формуле

$$N_{xx} = C_{ж} g M_{п} v_{тр} L_{ц}, \quad (65)$$

где $C_{ж}$ – коэффициент, учитывающий жесткость цепей и сопротивление вращающихся приводных звездочек; g – ускорение свободного падения, м/с²; $M_{п}$ – масса одного погонного метра цепи транспортера с граблинами, планками и др., кг; $v_{тр}$ – скорость счесывающего транспортера, м/с; $L_{ц}$ – длина цепи счесывающего транспортера, м.

Мощность, затрачиваемая на опускание счесывающего транспортера:

$$N_{он} = k_{xx} P_{под} v_{он}, \quad (66)$$

где k_{xx} – коэффициент, учитывающий мощность холостого хода, по данным Шакирова Г. $k_{xx}=(1,4...2,2)$, при этом меньшее значение при меньших производительностях.

Подставляя (50) в формулу (66), получим:

$$N_{он} = k_{xx} P_{yд} B n v_{он} tg \varphi. \quad (67)$$

Мощность рабочего процесса счесывания корма будет равна:

$$N_{сч} = \frac{P_{yд} B L v_{тр}}{102T}. \quad (68)$$

Выводы.

1. При исследовании производительности транспортера изучено изменение плотности корма на различной глубине бурта, влияющее на количество выдаваемого корма в единицу времени машиной, а, следовательно, на погрешность дозирования заданной нормы корма с учетом изменения плотности корма по глубине бурта γ получены уравнения (19) для определения числовых значений плотности корма на различных по глубине участках бурта и производительности дозатора Q формула (22).

2. Рассмотрен процесс заполнения кормом межгребенчатого пространства счесывающего транспортера и получена формула (43) для определения коэффициента b_2 , учитывающего степень заполнения межгребенчатого пространства в зависимости от конструктивно-технологических параметров транспортера.

3. Выявлены сопротивления, действующие на гребенку транспортера при счесывании корма с бурта, и установлена аналитическая зависимость (63) удельного сопротивления $P_{yд}$ отделению корма граблиной от величины внедрения пальца в кормовой бурт ΔS и ряд других параметров, получено уравнение (68) для определения мощности, потребляемой транспортером на счесывание корма $N_{сч}$.

Библиография

1. Механизация электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства / А.В. Мачкарин [и др.]. Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. 194 с.
2. Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов: учебное пособие / С.И. Николаев, О.В. Чепрасова, В.В. Шкаленко [и др.]. Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2018. 148 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. 10-е изд., стер. М. : Высшая школа, 2004. 479 с.

4. Булавин С.А., Воронцов И.И. Мобильный кормоприготовительный агрегат для малых ферм // Техника в сельском хозяйстве. 1991. № 3. С. 31-40.
5. Зарубежная сельскохозяйственная техника: монография / А.Н. Макаренко [и др.]. Москва; Белгород : ООО «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2016. 200 с.
6. Технологии и технические средства для выращивания телят: монография / О.А. Чехунов [и др.]. Москва; Белгород : ООО «Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2019. 390 с.
7. Машины и технологии для уборки, переработки и утилизации навоза: монография / А.В. Мачкарин [и др.]. Белгород : ПОЛИТЕРРА, 2021. 401 с.: ил. ISBN 978-5-98242-320-7.
8. Региональная сельскохозяйственная техника / А.В. Рыжков [и др.]. Белгород : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2017. 208 с.
9. Булавин С.А., Любин В.Н., Рыжков А.В. и др. Сельскохозяйственная техника Белогорья // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 1. С. 39-42.
10. Мачкарин А.В., Рыжков А.В. Теоретические исследования вибросмешивания сыпучих кормов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 3 (23). С. 43-55.
11. Research in parameters of working process of interfusing in batcher mixer / A. Kolesnikov, A. Pastukhov, N. Vodolazskaya, A. Minasyan // Engineering for Rural Development: 18th International Scientific Conference, Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2019. P. 487-492.
12. Мачкарин А.В., Рыжков А.В. Оптимизация конструктивно-режимных параметров раздатчика-смесителя кормов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 4 (32). С. 96-109.
13. Experimental research in liquid batcher mixer / A.S. Kolesnikov, N.V. Vodolazskaya, A.G. Minasyan, K.V. Kazakov // Engineering for rural development: 20th International Scientific Conference, Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2021. P. 124-129.

References

1. Mekhanizatsiya elektrifikatsiya i avtomatizatsiya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [Mechanization of electrification and automation of agricultural production] / A.V. Machkarin [i dr.]. Belgorod : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2019. 194 s.
2. Kormoproizvodstvo, kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i tekhnologiya kormov: uchebnoe posobie [Feed production, feeding of farm animals and feed technology] / S.I. Nikolaev, O.V. Sheprasova, V.V. Shkalenko [i dr.]. Volgograd : Volgogradskij GAU, 2018. 148 s.
3. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika [Theory of Probability and Mathematical Statistics]: ucheb. posobie dlya vuzov. 10-e izd., ster. M. : Vysshaya shkola, 2004. 479 s.
4. Bulavin S.A., Voroncov I.I. Mobil'nyj kormopriготовitel'nyj agregat dlya malyh ferm [Mobile feed preparation unit for small farms] // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 1991. № 3. S. 31-40.
5. Zarubezhnaya sel'skohozyajstvennaya tekhnika: monografiya [Foreign agricultural machinery] / A.N. Makarenko [i dr.]. Moskva; Belgorod : ООО «Central'nyj kollektor bibliotek «BIBKOM», 2016. 200 s.
6. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya vyrashchivaniya telyat: monografiya [Technologies and technical means for growing calves] / O.A. Chekhunov [i dr.]. Moskva; Belgorod : ООО «Izdatel'sko-knigotorgovyj centr «Kolos-s», 2019. 390 s.
7. Mashiny i tekhnologii dlya uborki, pererabotki i utilizatsii navoza: monografiya [Machines and technologies for cleaning, processing and disposal of manure] / A.V. Machkarin [and others]. Belgorod : POLITERRA, 2021. 401 s.: ill. ISBN 978-5-98242-320-7.
8. Regional'naya sel'skohozyajstvennaya tekhnika [Regional agricultural machinery] / A.V. Ryzhkov [i dr.]. Belgorod : FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2017. 208 s.
9. Bulavin S.A., Lyubin V.N., Ryzhkov A.V. i dr. Sel'skohozyajstvennaya tekhnika Belogor'ya [Agricultural machinery Belogorye] // Sel'sko-hozyajstvennye mashiny i tekhnologii. 2010. № 1. S. 39-42.
10. Machkarin A.V., Ryzhkov A.V. Teoreticheskie issledovaniya vibrosmeshivaniya syuchih kormov [Theoretical studies of vibration mixing of bulk feeds] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2019. № 3 (23). S. 43-55.
11. Research in parameters of working process of interfusing in batcher mixer / A. Kolesnikov, A. Pastukhov, N. Vodolazskaya, A. Minasyan // Engineering for Rural Development: 18th International Scientific Conference, Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2019. P. 487-492.
12. Machkarin A.V., Ryzhkov A.V. Optimizatsiya konstruktivno-rezhimnyh parametrov razdatchika-smesitelya kormov [Optimization of the design and regime parameters of the feed distributor-mixer] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2021. № 4 (32). S. 96-109.
13. Experimental research in liquid batcher mixer / A.S. Kolesnikov, N.V. Vodolazskaya, A.G. Minasyan, K.V. Kazakov // Engineering for rural development: 20th International Scientific Conference, Jelgava : Latvia University of Life Sciences and Technologies, 2021. P. 124-129.

Сведения об авторах

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

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

Information about authors

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

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

УДК 621.926.32:514.18

А.Г. Минасян, А.С. Колесников

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ НАПРЯЖЕННЫХ СЕГМЕНТОВ ДЛЯ ВАЛКОВЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ

Аннотация. Анализ работы современных помольных агрегатов, работающих в различных отраслях, в том числе в области переработки сельскохозяйственной продукции, где их применяют для плющения грубых и зеленых кормов при производстве силоса и сенажа, дробления зерновых материалов, измельчения кормов животного происхождения, переработки пищевой кости и т.д., показывают, что одной из основных причин отказа их функционирования является износ рабочих поверхностей валков. Одним из эффективных направлений решения данной задачи является применение съемных предварительно напряженных сегментов, которые закрепляются на поверхности валков различными способами тесно связано с кинематическими и конструктивными параметрами валков. Съемные сегменты имеют криволинейную вогнутую рабочую поверхность на одном валке и выпуклую на другом. Зона приема обеспечивает надежным захватом измельчаемого материала за счет чередования утопленных и выступающих предварительно напряженных съемных сегментов. Степень и глубина напряжения, а таким образом и износостойкость поверхности валков зависит от величины радиуса кривизны съемных сегментов. Следовательно, определение геометрических параметров сегментов является актуальной задачей. Цель работы является разработать методику теоретического расчета параметров геометрических профилей предварительно напряженных сегментов для валковых измельчителей. По результатам расчета определяем параметры геометрических профилей съемных сегментов при разных степенях напряженности их рабочих поверхностей. Тем самым можно анализировать зависимость величины напряжения сжатия на рабочих поверхностях сегментов от их износостойкости.

Ключевые слова: измельчители, валки, съемные предварительно напряженные сегменты, геометрические параметры, износостойкость, методика, напряжение.

METHOD OF CALCULATION OF THE GEOMETRIC PROFILE STRESSED SEGMENTS FOR ROLLER SHREDDERS

Abstract. Analysis of the work of modern grinding units operating in various industries, including in the field of processing agricultural products, where they are used for crushing rough and green fodder in the production of silage and haylage, crushing grain materials, grinding animal feed, processing food bone, etc. show that one of the main reasons for the failure of their functioning is the wear of the working surfaces of the rolls. One of the effective directions for solving this problem is the use of removable prestressed segments, which are fixed on the surface of the rolls in various ways, closely related to the kinematic and design parameters of the rolls. Removable segments have a curved concave working surface on one roll and a convex one on the other. The receiving zone provides a reliable grip of the crushed material due to the alternation of recessed and protruding prestressed removable segments. The degree and depth of stress, and thus the wear resistance of the surface of the rolls, depends on the radius of curvature of the removable segments. Therefore, the determination of the geometric parameters of the segments is an urgent task. The aim of the work is to develop a method for the theoretical calculation of the parameters of the geometric profiles of prestressed segments for roller grinders. According to the results of the calculation, we determine the parameters of the geometric profiles of the removable segments at different degrees of tension of their working surfaces. Thus, it is possible to analyze the dependence of the compressive stress on the working surfaces of the segments on their wear resistance.

Keywords: grinders, rolls, removable prestressed segments, geometric parameters, wear resistance, technique, stress.

Валковые измельчители (дробилки) нашли широкое применение во многих отраслях народного хозяйства: в промышленности строительных материалов; лесоперерабатывающей и горноперерабатывающей отраслях; в угольной промышленности; в области переработки сельскохозяйственной продукции и др. [1-3]. Исследования показывают, что наличие сдвиговой деформации измельчаемого материала приводит к интенсивному абразивному износу рабочих поверхностей валков измельчителей, что снижает их эксплуатационную надежность, долговечность и стабильность функциональных технологических параметров.

Увеличение износостойкости рабочих поверхностей измельчителей тесно связано с кинематическими и конструктивными параметрами валков. Одним из эффективных направлений решения данной задачи является применение съемных сегментов, которые закрепляются на поверхности валков различными способами (болтовыми и шпоночными соединениями, установкой по направляющим пазам, эксцентровой зафиксировкой и т.д.) [4-6]. В зави-

симости от свойств измельчаемых материалов элементы валков изготавливают из различных марок сталей и для придания нужных физико-механических свойств поверхности их подвергают различным технологическим обработкам [7, 8].

Использование съемных сегментов в валковых измельчителях обеспечивает снижение износа рабочей поверхности валков за счет: правильного выбора технологии обработки съемных сегментов; применения предварительно напряженных съемных сегментов; «самофутеровки» поверхности валков по различным схемам; рационального комбинирования этих вариантов; снижения ремонтосложности измельчителя за счет взаимозаменяемости, а, следовательно, быстрого монтажа и демонтажа сегментов; повышения эксплуатационной надежности измельчителя за счет исключения самопроизвольной разборки рабочих элементов при обеспечении растягивающих нагрузок на крепежные соединения. Это дает возможность применять валковые измельчители со съемными элементами на валках не только в промышленности строительных материалов, но и в агропромышленном комплексе, где их применяют для плющения грубых и зеленых кормов при производстве силоса и сенажа, дробления зерновых материалов, измельчения кормов животного происхождения, переработки пищевой кости и т.д. [9, 10]. Такая широкая область применения объясняется универсальностью измельчителей. В зависимости от условий и характера работы, а также от химических и физико-механических свойств, взаимодействующих материалов (измельчаемого материал и материала рабочих поверхностей валков) можно заменить сегменты на поверхности валков и без особого затруднения.

Приведенный анализ и анализ зарубежной литературы дают возможность установить, что перспективным направлением развития валковых измельчителей и помольных агрегатов в целом является изготовление их рабочих поверхностей из сборных, универсальных, быстронастраиваемых съемных элементов.

Использование валковых измельчителей с предварительно-напряженными сегментами в АПК, кроме ряда преимуществ, перечисленных ранее, еще и обеспечивают интенсификацию процесса измельчения за счет создания между валками объемно-сдвиговой деформации измельчаемого материала, возможность измельчения шихты широким диапазоном полифракционного состава за счет развитой рабочей поверхности валков с повышенным коэффициентом трения. Съемные сегменты имеют криволинейную вогнутую рабочую поверхность на одном валке и выпуклую на другом. Получение развитой рабочей поверхности валков, обладающей надежным захватом измельчаемого материала, обеспечивается за счет чередования утопленных и выступающих предварительно напряженных съемных сегментов (рисунок 1) [11].

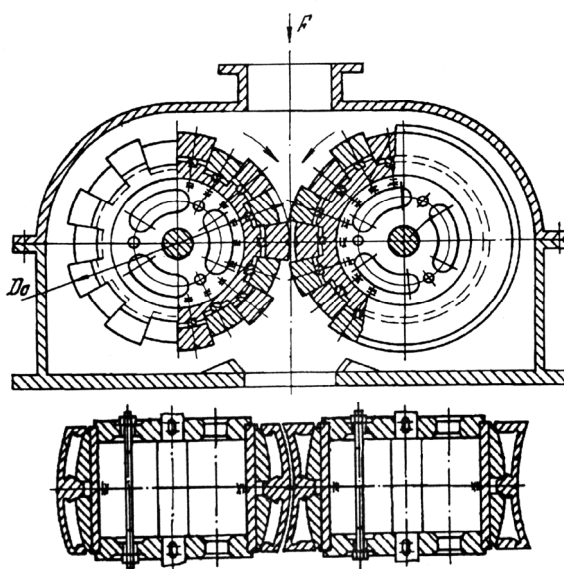


Рис. 1 – Схема валкового измельчителя с предварительно напряженными сегментами

Степень и глубина напряжения, а таким образом и износостойкость поверхности валков зависит от величины радиуса кривизны съемных сегментов. Следовательно, определение геометрических параметров напряженных сегментов является актуальной задачей.

Цель работы – разработать методику расчета параметров геометрических профилей предварительно напряженных сегментов для валковых измельчителей.

Материал исследований. Геометрический профиль сегментов валковых измельчителей рассмотрим для заданных размеров валка с выпуклыми сегментами: средний диаметр выпуклого сегмента в его поперечном сечении – D_{cp} ; ширина барабана, на котором монтируется сегмент – B ; толщина сегмента – d и расстояние между посадочным барабаном и сегментом – δ (рисунок 2). Значения остальных параметров валка $D_{н.мах}$, $D_{вн.мах}$ и $D_{вн.мин}$ находим из выражений:

$$D_{н.мах} = D_{cp} + d; \quad (1)$$

$$D_{вн.мах} = D_{cp} - d; \quad (2)$$

$$D_{вн.мин} = D_{cp} - (d + 2\delta). \quad (3)$$

В ненапряженном состоянии значение радиуса кривизны сегмента R определяется

$$R^2 = \left(\frac{B}{2}\right)^2 + (R - \delta)^2 \text{ или } R = \frac{B^2 + 4\delta^2}{8\delta}, \quad (4)$$

а значение угла раскрытия сегмента

$$\alpha_1 = 2 \arcsin \frac{B}{2R}. \quad (5)$$

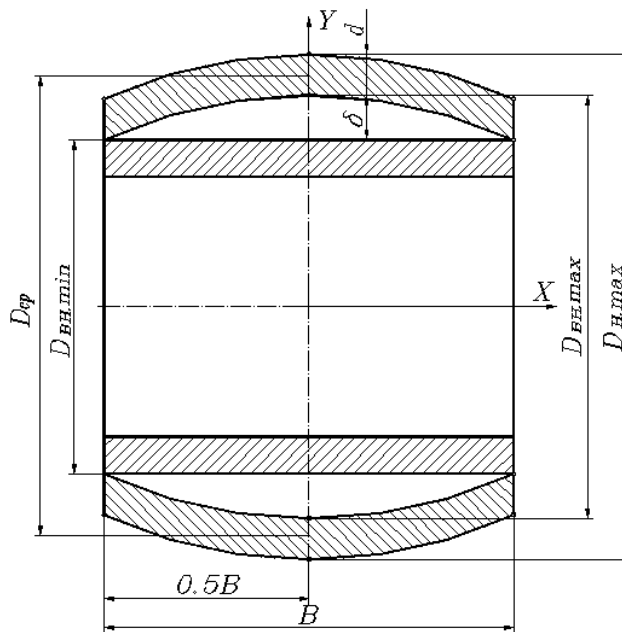


Рис. 2 – Схема к расчету геометрического профиля валков

Рассмотрим изменение геометрического профиля сегмента при его напряжении сжимающими усилиями F (рисунок 3, а, б). При малых деформациях сегмента длина дуги

$$AB \approx R \cdot \alpha_1 = \text{const.}$$

Полагаем, что точки C ($X_c=0$, $Y_c=R$) остаются неизменными, а точка A ($X_a=-0,5B$, $Y_a=R-\delta$) переходит в положение A' с координатами:

$$A' (X_{A'} = -[0,5B + \Delta X], Y_{A'} = R - \delta + \Delta Y).$$

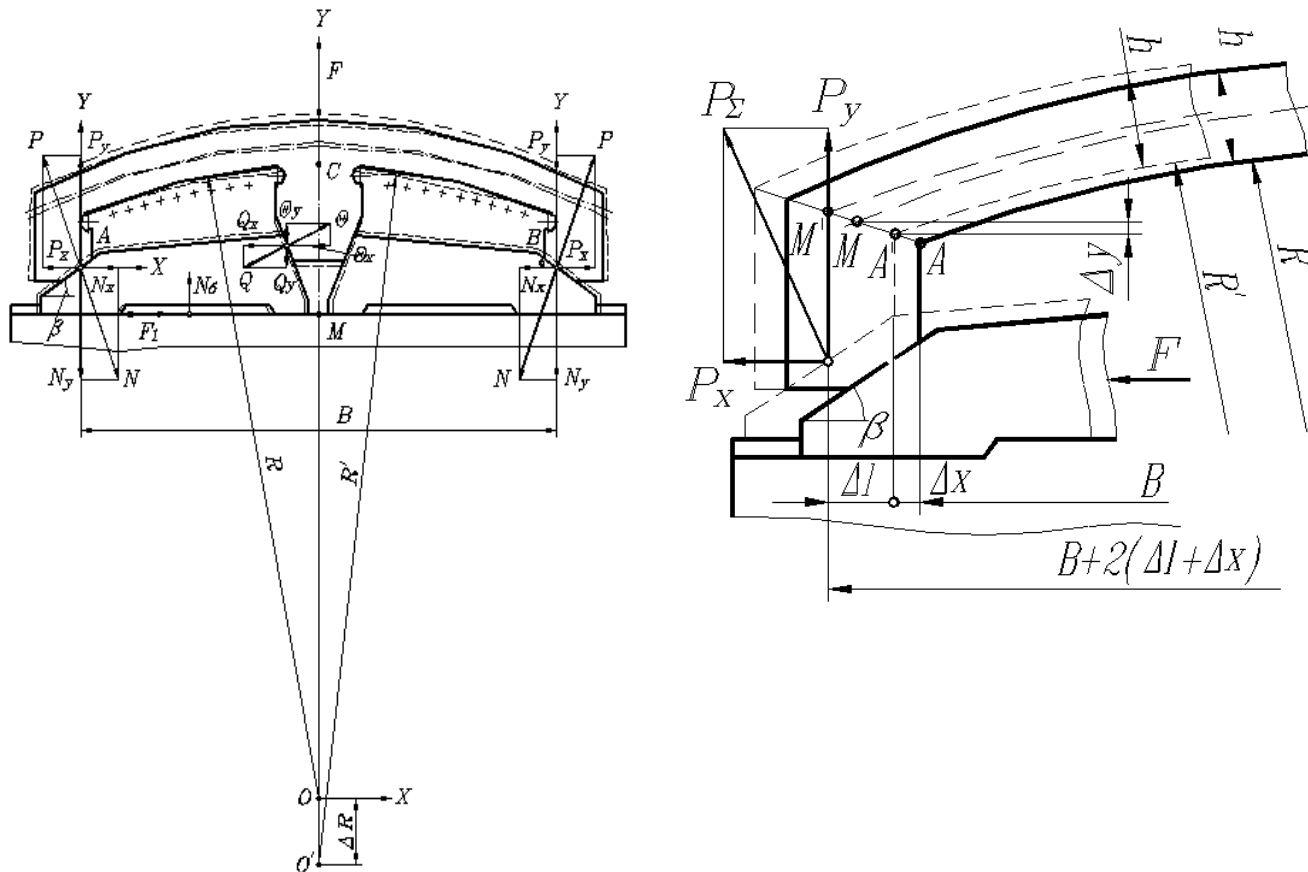
Используем зависимости:

$$\Delta X = X_{A'} - X_A; \quad \Delta Y = Y_{A'} - Y_A; \quad \Delta Y = \Delta X \text{ TG}\beta; \quad \Delta R = R' - R.$$

Уравнения окружностей, проходящих через точки C и A' можно представить в виде

$$\begin{cases} 0 + (R + \Delta R)^2 = (R')^2 \\ (X_{A'})^2 + (Y_{A'} + \Delta R)^2 = (R')^2 \end{cases}, \quad (6)$$

где R' – радиус кривизны сегмента в напряженном состоянии, M ; β – угол клиньев, град; Δx и Δy – соответственные перемещения крайних точек сегмента при его напряжении, M .



а – исходное положение сегмента;

б – напряженное положение фрагмента сегмента

Рис. 3 – Схема к расчету напряженного состояния сегмента

Решая уравнение (6), находим:

$$\Delta R = \frac{(X_{A'})^2 + (Y_{A'})^2 - R^2}{2(R - Y_{A'})}. \quad (7)$$

Учитывая, что $R' = R + \Delta R$, то выражение (7) можно представить в виде:

$$R' = R + \frac{(X_{A'})^2 + (Y_{A'})^2 - R^2}{2(R - Y_{A'})}. \quad (8)$$

Из рисунка 3, а видно, что

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{X_{A'}}{Y_{A'} + \Delta R}, \quad (9)$$

где

$$X_{A'} = X_A + \Delta X = 0,5B + \Delta X;$$

$$Y_{A'} = Y_A + \Delta Y + \Delta R.$$

Так как при напряжении сегмента его деформации незначительны, то можно допустить что $\sin \alpha \approx \alpha$, а

$$\operatorname{tg} \alpha' / 2 = \alpha' / 2. \quad (10)$$

Тогда с учетом (10) уравнения (9) можно записать:

$$\frac{\alpha'}{2} = \frac{X_A'}{Y_A' + \Delta R}, \text{ или } \alpha' = \frac{2X_A'}{Y_A' + \Delta R}. \quad (11)$$

С учетом полученного значения α' условие $R' \cdot \alpha' = R \cdot \alpha$ представим в виде:

$$\frac{2R'X_A'}{Y_A' + \Delta R} = R \cdot \alpha, \quad (12)$$

или, используя выражение (8), получим:

$$\left(R + \frac{(X_A')^2 + (Y_A')^2 - R^2}{2(R - Y_A')} \right) \cdot \frac{2(X_A + \Delta X)}{Y_A + \Delta Y + \Delta R} = R \cdot \alpha. \quad (13)$$

Используя значение (7), уравнение (13) после ряда преобразований можно представить в виде:

$$\Delta X^3 (1 + \text{tg}^2 \beta) + \Delta X^2 (S - R \cdot \alpha) + \Delta X [(W - R\alpha)(R \text{tg} \beta + 2X_A)] + [K - R \cdot \alpha (R \cdot Y_A + r + X_A^2)] = 0, \quad (14)$$

где $S = 3X_A + R + \text{tg} \beta (X_A \text{tg} \beta + 2Y_A)$,

$$W = 2R \cdot X_A + 3X_A^2 + Y_A^2 - R(1 - \text{tg} \beta), \quad (15)$$

$$K = R^2 (Y_A - 1 - X_A) + X_A + X_A^2 + Y_A^2 + 2Y_A \cdot \text{tg} \beta.$$

Решая уравнение (14) численным методом, получаем значение неизвестных величин – перемещение точки М в направлениях: горизонтальном (ΔX), вертикальном ($\Delta Y = \Delta X \text{tg} \beta$) и радиуса (ΔR).

Значения координат точек

$$M \left(\left(X_M = -(0,5B + (h/2)\cos\beta); \quad Y_M = R + (h/2)\sin\beta \right) \right)$$

и

$$M' \left(X_M' = -(0,5B + \Delta X + \Delta \ell); \quad Y_M' = R + \frac{h}{2} \right),$$

находим, решая следующую систему уравнения:

$$\begin{cases} Y - Y_A = -\text{tg} \beta (X - X_A) \\ X^2 + Y^2 = (R + h/2)^2 \end{cases} \quad \text{- до деформации сегмента;} \quad (16)$$

$$\begin{cases} X - Y_A = -\text{tg} \beta (X - X_A) \\ X^2 + (Y + \Delta R)^2 = (R' + h/2)^2 \end{cases} \quad \text{- после деформации сегмента.} \quad (17)$$

Координаты точки М приложения усилий F находим, решая численным методом уравнение (17), которое имеет вид:

$$(1 + \text{tg}^2 \beta) \cdot X^2 - 2\text{tg} \beta (\text{tg} \beta \cdot X_A + \Delta R + Y_A) \cdot X + \text{tg} \beta \cdot X_A (\text{tg} \beta \cdot X_A + 2\Delta R + 2Y_A) + (\Delta R + Y_A)^2 - (R' + h/2)^2 = 0 \quad (18)$$

Таким образом, зная координаты перемещения точки М в зависимости от усилия болтовой затяжки F , можно найти параметры геометрических профилей съемных сегментов при разных степенях напряженности их рабочих поверхностей. Тем самым можно анализировать зависимость величины напряжения сжатия на рабочих поверхностях сегментов от их износостойкости.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что при применении напряженного состояния сегмента для валковых измельчителей со следующими параметра-

ми: $D_{\text{ср}} \times B = 0,475 \times 0,25$ м; $\delta = 6,25 \cdot 10^{-3}$ м; $d = 13,5 \cdot 10^{-3}$ м; $b = 40 \cdot 10^{-3}$ м; $\beta = 30^\circ$; $\alpha = 30^\circ$; $f = 0,12$; $F = 10$ кН, получим: $\sigma_{\text{экв}} = 7,2$ МПа. Это свидетельствует, что максимальное эквивалентное напряжение, возникающее в напряженных сегментах, вполне удовлетворяет условию $\sigma_{\text{экв}} = 7,2$ МПа $\leq [\sigma] = 260$ МПа для углеродистой стали. Следовательно, полученные результаты расчета подтверждают, что принятое конструкционное решение является действенным средством борьбы с адсорбционной и коррозионной усталостью материала валков, тем самым повышая их износостойкость.

Библиография

1. Минасян А.Г., Пастухов А.Г., Шарая О.А. Оценка напряженно-деформированного состояния сегмента пресс-валкового измельчителя // Технология машиностроения. 2016. № 3. С.4 3-46.
2. Исакаков Р.М., Рахманбердиева Г., Исакова А.М. Рассмотрение технологий предварительного измельчения отходного мясокостного сырья // Технические науки в России и за рубежом: материалы VII Междунар. науч. конф. М. : Буки-Веди, 2017. С. 132-135.
3. Kostencki P. Badanie intensywności zużycia wybranych stali na elementy robocze pracujące w glebie. (Investigation of some chosen steels used for soil working elements). Tribologia 2-2011, pp. 33-46 (In Polish).
4. Вольвак С.Ф., Бахарев Д.Н., Вертий А.А. Теоретические исследования измельчителя стебельчатых кормов с шарнирно подвешенными комбинированными ножами // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 3 (11). С. 24-34.
5. Pastukhov A. Research of wear resistance of working surfaces of shredder rolls / Alexander Pastukhov, Nataliia Vodolazskaya, Alexan Minasyan, Aleksandr Kolesnikov // Engineering for rural development. Proceedings, Vol/19 : Latvia University of Life Sciences and Technologies/ Jelgava, 2020. P.121-127.
6. Водолазская Н.В. Совершенствование системы ТОиР за счет повышения надежности используемой ремонтной оснастки // Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий: Материалы XX Международной научно-производственной конференции. Том2. Белгород : Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2016. С. 21-22.
7. Шарая О.А., Дахно Л.А. Упрочнение деталей сельскохозяйственной техники и инструмента путем модифицирования поверхности // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2014. № 4. С. 14-29.
8. Бережная И.Ш. Применение электроискрового наращивания при восстановлении деталей машин // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы: Материалы XXII международной научно-производственной конференции. 2018. С. 198-200.
9. Файвишевский М.Л. Переработка пищевой кости. М. : Агропромиздат, 1986, С. 76.
10. Мачкарин А.В., Рыжков А.В. Оптимизация конструктивно-режимных параметров раздатчика-смесителя кормов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 4 (32). С. 96-109.
11. Пат. № 2085287. Россия. Пресс-валковый измельчитель / В.С. Севостьянов, А.Г. Минасян и др; Опубл. в БИ, 1997, № 21.

References

1. Minasyan A.G., Pastuhov A.G., SHaraya O.A. Ocenka napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya segmenta press-valkovogo izmel'chitelya [Evaluation of the stress-strain state of a segment of a press-roll grinder] // Tekhnologiya mashinostroeniya. 2016. № 3. S. 43-46.
2. Iskakov R.M., Rahmanberdieva G., Iskakova A.M. Rassmotrenie tekhnologij predvaritel'nogo izmel'cheniya othodnogo myasokostnogo syr'ya [Consideration of technologies for preliminary grinding of waste meat and bone raw materials] // Tekhnicheskie nauki v Rossii i za rubezhom: materialy VII Mezh-dunar. nauch. konf. M. : Buki-Vedi, 2017. S. 132-135.
3. Kostencki P. Badanie intensywności zużycia wybranych stali na elementy robocze pracujące w glebie. (Investigation of some chosen steels used for soil working elements). Tribologia 2-2011, pp. 33-46 (In Polish).
4. Vol'vak S.F., Baharev D.N., Vertij A.A. Teoreticheskie issledovaniya izmel'chitelya stebel'chatyh kormov s sharnirno podveshennymi kombinirovannymi nozhami [Theoretical studies of a stalked feed chopper with hinged combined knives] // Innovacii v APK: problemy i per-spektivy. 2016. № 3 (11). S. 24-34.
5. Pastukhov A. Research of wear resistance of working surfaces of shredder rolls / Alexander Pastukhov, Nataliia Vodolazskaya, Alexan Minasyan, Aleksandr Kolesnikov // Engineering for rural development / Proceedings, Vol/19 : Latvia University of Life Sciences and Technologies / Jelgava, 2020. P.121-127.
6. Vodolazskaya N.V. Sovershenstvovanie sistemy TOiR za schet povysheniya nadezhnosti ispol'-zuemoj remontnoj osnastki [Improvement of the maintenance and repair system by increasing the reliability of the used repair equipment] // Problemy i perspektivy innovacionnogo razvitiya agrotekhnologij: Materialy XX Mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii. Tom 2. Belgorod : Izdatel'stvo FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2016. S. 21-22.
7. SHaraya O.A., Dahno L.A. Uprochnenie detalej sel'skochozajstvennoj tekhniki i instrumenta putem modifi-cirovaniya poverhnosti [Hardening of parts of agricultural machinery and tools by modifying the surface] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2014. № 4. S. 14-29.

8. Berezhnaya I.S.H. Primenenie elektroiskrovogo narashchivaniya pri vosstanovlenii detalej mashin [Application of electrospark build-up in the restoration of machine parts] // *Organicheskoe sel'skoe hozyajstvo: problemy i perspektivy: Materialy XXII mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii*. 2018. S. 198-200.
9. Fajvishevskij M.L. Pererabotka pishchevoj kosti. [Food bone processing] M. : Agropromizdat, 1986, S. 76.
10. Machkarin A.V., Ryzhkov A.V. Optimizaciya konstruktivno-rezhimnyh parametrov razdatchika-smesitelya kormov [Optimization of the design and regime parameters of the feed distributor-mixer] // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2021. № 4 (32). S. 96-109.
11. Pat. № 2085287. Rossiya. Press-valkovyj izmel'chitel' [Press roller grinder] / V.S. Sevost'yanov, A.G. Minasyan i dr; Opubl. v BI, 1997, № 21.

Сведения об авторах

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

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

Information about authors

Minasyan Alexan Gurgenovitch, candidate of technical sciences, associate Professor of the Department of technical mechanics and machine design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, Maisky, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8 910 323 24 15, e-mail: AlikMun@yandex.ru

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

УДК 633.11(470.325)

А.Г. Пастухов, И.Ш. Бережная, А.П. Слободюк

ВЫБОР КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТОГО ПАТРУБКА ВЫХЛОПНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. При производстве или ремонте деталей машин возникает необходимость выбора материала для изготовления новой или подбор материала для восстановления изношенной детали. Учеными были предложены различные способы многокритериального выбора, но известные методики либо не учитывают требуемые факторы для обоснованного принятия решения или сложны в использовании. Разработана методика многокритериального выбора, основанная на подборе разнообразных критериев, учитывающих технологические, механические, эксплуатационные и экономические факторы, обезличивания каждого выбранного параметра и присвоения ему определенного ранга, в пределах критерия. Далее в качестве предварительной оценки строится столбчатая диаграмма для визуальной оценки общего количества максимальных рангов каждого критерия. Для повышения достоверности полученные данные сводятся в единый радар, который построен по всем признакам выбранных критериев с соблюдением следующих принципов: а) круг радара делится радиальными оценочными шкалами на равные сектора, количество которых равно числу признаков; б) по мере приближения к центру круга значения показателей улучшаются; в) признаки оцениваются по бальной шкале в соответствии с рангом; г) нумерация показателей осуществляется по принципу часовой шкалы времени. Каждый предмет исследования на радаре сформирует некоторую замкнутую ломанную, площадь которой вычисляется простыми математическими действиями. Далее по результатам вычисления дается окончательная оценка для принятия решения. В качестве примера рассмотрен выбор коррозионностойкой жаропрочной стали для изготовления литого патрубка выхлопной системы из материалов, очень близких по свойствам: сталь 10X18H9Л, сталь 10X18H9ТЛ и сталь 10X18H11БЛ. Данные материалы могут применяться в оборудовании, основные узлы которого подвергаются воздействию агрессивной среды. В результате предварительной оценки нельзя было сделать однозначный выбор материала, поэтому по разработанной методике построили радар, вычислили площадь фигуры, полученной для каждого материала, и приняли окончательное решение по рациональному выбору материала для изготовления литого патрубка выхлопной системы.

Ключевые слова: критерий, оценка, ранг, многокритериальный выбор, радар

THE CHOICE OF CORROSION-RESISTANT STEEL FOR THE MANUFACTURE OF CAST EXHAUST PIPE

Abstract. In the production or repair of machine parts, it becomes necessary to select a material for the manufacture of a new one or to select a material for restoring a worn part. Scientists have proposed various methods of multi-criteria selection, but the known methods either do not take into account the required factors for an informed decision-making or are difficult to use. A multi-criteria selection technique has been developed based on the selection of various criteria that take into account technological, mechanical, operational and economic factors, depersonalization of each selected parameter and assigning it a certain rank within the criterion. Further, as a preliminary assessment, a bar chart is constructed to visually assess the total number of maximum ranks for each criterion. To increase the reliability, the obtained data are combined into a single radar, which is built according to all the features of the selected criteria in compliance with the following principles: a) the radar circle is divided by radial evaluation scales into equal sectors, the number of which is equal to the number of features; b) as you approach the center of the circle, the values of the indicators improve; c) signs are evaluated on a point scale in accordance with the rank; d) the numbering of indicators is carried out according to the principle of the hourly time scale. Each subject of research on the radar will form some closed polyline, the area of which is calculated by simple mathematical operations. Further, based on the results of the calculation, a final assessment is given for making a decision. As an example, the choice of corrosion-resistant heat-resistant steel for the manufacture of a cast exhaust pipe from materials very similar in properties is considered: steel 10Kh18N9L, steel 10Kh18N9TL and steel 10Kh18N11BL. These materials can be used in equipment, the main components of which are exposed to aggressive environments. As a result of the preliminary assessment, it was impossible to make an unambiguous choice of material, therefore, according to the developed method, a radar was built, the area of the figure obtained for each material was calculated, and the final decision was made on the rational choice of material for the manufacture of a cast exhaust pipe.

Keywords: the criterion evaluation, rank, multi-criteria choice, radar

Введение. При производстве или ремонте деталей машин возникает необходимость выбора материала для изготовления новой или подбор материала для восстановления изношенных деталей [1]. Перед разработчиком возникает проблема выбора между материалами, у которых некоторые свойства идентичны, некоторые схожи, а некоторые – значительно раз-

личаются. Для обоснованного выбора материала, учитывающего все необходимые характеристики необходимо использовать многокритериальный выбор.

Анализ исследований по теме. Для принятия оптимального решения необходимо установить критерии оценивания его эффективности, которые можно разделить по соответствующим характеристикам и установить параметры их оценки [2]. Например, Шадричев В.А. в своих исследованиях использовал критерии применимости, долговечности и экономический критерий. Но критерий применимости он использовал только как предварительный, и практически не влияющий на принятие решения [3].

Для определения количественной оценки критериев допускается отождествлять их показатели с определенными служебными свойствами детали, изменяющимися в процессе ее восстановления [4], но данный метод не применим для выбора материала новой детали.

Известна методика [5], в соответствии с которой все оценочные показатели сравниваются с некоторым значением, принятым в качестве эталонного, причем если эталонная величина параметра является максимальной, то показатель определяется как отношение фактического значения параметра к эталонному и наоборот. В идеальном случае величина его должна равняться единице.

В случае, когда сравниваемых объектов мало (3-5), а их признаки многочисленны (десятки и сотни) возможно применение многоэтапной технологии многокритериального выбора [6, 7]. Также модель многокритериального принятия решений использовал в своих работах Птускин А.С., предлагая использовать ранжирование по отдельным показателям технологического критерия [8]. Затем оцениваются доступность с экономической точки зрения и безопасность с экологической. В итоге принимается решение по выбору оптимальной технологической альтернативы, наилучшим образом обеспечивающей желаемые значения набора критериев.

Данные способы многокритериального выбора, либо не учитывают требуемые факторы для обоснованного принятия решения или сложны в использовании.

Цель работы – разработать оригинальную методику многокритериального выбора среди объектов с близкими эксплуатационными свойствами.

Для достижения поставленной цели следует решить задачи:

- 1) проанализировать известные способы многокритериального выбора;
- 2) разработать оригинальную методику многокритериального выбора;
- 3) апробировать разработанную методику для обоснованного выбора коррозионно-стойкой жаропрочной стали для изготовления литого патрубка выхлопной системы.

Результаты исследований. В результате исследований разработана оригинальная методика, основанная на подборе разнообразных критериев, учитывающих технологические, механические, эксплуатационные и экономические факторы. Путем обезличивания каждого выбранного параметра и присвоения ему определенного ранга, в пределах критерия. Далее в качестве предварительной оценки строится столбчатая диаграмма для визуальной оценки общего количества максимальных рангов каждого критерия [9]. Для повышения достоверности сведем полученные данные в единый радар, который построен по всем признакам выбранных критериев с соблюдением следующих принципов: а) круг радара делится радиальными оценочными шкалами на равные сектора, количество которых равно числу признаков; б) по мере приближения к центру круга значения показателей улучшаются; в) признаки оцениваются по бальной шкале в соответствии с рангом; г) нумерация показателей осуществляется по принципу часовой шкалы времени. Каждый предмет исследования на радаре формирует некоторую замкнутую ломанную, площадь которой вычисляется простыми математическими действиями. Далее по результатам вычисления дается окончательная оценка для принятия решения.

На примере рассмотрим выбор материала для изготовления литого патрубка выхлопной системы грузовых автомобилей, тракторов и различной самоходной сельскохозяйственной техники [10]. Патрубок выхлопной системы подвергается значительным тепловым и механическим нагрузкам при одновременном воздействии потока агрессивной среды, поэтому

в процессе эксплуатации автомобиля именно данные детали наиболее часто требуют замены вследствие деформаций, появления трещин и прогаров. Неисправности патрубков проявляются повышенным уровнем шума и вибраций выхлопной системы, а в ряде случаев – потерей мощности двигателя и ухудшением эффективности работы турбокомпрессора (так как нарушается режим работы агрегата). Патрубки с трещинами, прогарами и полочками (в том числе и с неисправностями интегрированных компенсаторов вибраций) должны меняться.

На замену следует выбирать патрубок того же типа (каталожного номера), что был установлен ранее. Однако при необходимости можно использовать аналоги, главное, чтобы они полностью соответствовали оригинальной детали по установочным размерам и сечению.

При изготовлении новой детали взамен изношенной в первую очередь необходимо выбрать подходящий материал [11]. Для этого проводится предварительная оценка основных свойств, необходимых для конкретных условий работы. Так как рассматриваемая деталь предназначена для работы в коррозионно-активных средах при высоких температурах, то следует выбирать сталь коррозионностойкую и жаропрочную. Таким требованиям отвечают высоколегированные стали или сплавы на железоникелевой и никелевой основах.

В зависимости от основных свойств стали и сплавы подразделяют на группы [12]:

I – коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и др.;

II – жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах при температурах выше 550°C, работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии;

III – жаропрочные стали и сплавы, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной стойкостью.

К жаропрочным и коррозионностойким материалам, применяемым в оборудовании, основные узлы которого подвергаются воздействию агрессивной среды, относят стали марок: 03X21H32M3Б; 06X12H3Д, 06X16H15M2Г2ТФР-ИД, 06X18H10Т, 08X13, 08X14МФ, 08X14Ф, 08X15H5Д2Т-Ш, 08X15H5Д2ТУ, 08X17Т, 08X18H10, 08X18H10Т, 08X18Т1, 09X17H, 09X18H10Т, 10X12HД, 10X18H10Т, 10X9МФБ-Ш, и т.п. [13]

Так как кроме коррозионной устойчивости, к рассматриваемым деталям предъявляются повышенные требования к прочности, то из указанного выше списка выбираем 3 марки стали, отвечающие всем предъявляемым требованиям: 10X18H9Л, 10X18H9ТЛ и 10X18H11БЛ. Материалы очень близки по свойствам и сделать однозначный обоснованный выбор достаточно сложно.

Для обоснованного подбора материала применим разработанную методику многокритериального выбора.

В качестве критериев были выбраны следующие параметры (таблица 1).

1. Механические свойства, влияющие на прочностную надежность деталей – предел текучести, предел кратковременной прочности и ударная вязкость.

2. Технологические и эксплуатационные свойства, а именно свариваемость, жаропрочность и стойкость к межкристаллитной коррозии влияют на способы изготовления и надежность работы готового изделия.

Стойкость к межкристаллитной коррозии – это стойкость металла к разрушению по границе кристаллических зерен. Межкристаллитная коррозия – это сложный электрохимический процесс, который несет высокую опасность из-за его скрытого протекания. Ржавчина появляется внутри металла, долго не дает никак о себе знать со стороны. В зону риска попадают материалы, в состав которых входит большое количество легирующих добавок [14].

3. Экономическая составляющая – характеризуется стоимостью материала, что определяет экономическую целесообразность использования выбранного материала и влияет на себестоимость изготовленных элементов.

Таблица 1 – Основные параметры для критериальной оценки

Показатель	Предел текучести	Предел кратковременной прочности	Ударная вязкость	Свариваемость	Жаропрочность	Стойкость к межкристаллитной коррозии	Стоимость материала
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7
Ед. изм	МПа	МПа	кДж/м ²	-	°С	-	тыс. руб/т
Материал							
10X18H9Л	176	441	981	не сваривается	750	стойкая	87,4
10X18H9ТЛ	200	483	500	хорошо свариваемая	600	высокая стойкость	78,5
10X18H11БЛ	196	450	590	ограничено свариваемая	800	нечувствительная	79,7

Как видно из таблицы 1, каждый параметр имеет свою единицу измерения, что усложняет их сопоставление. Поэтому в соответствии с разработанной методикой для каждого параметра в зависимости от выбранных характеристик назначается ранг и в соответствии с его значением производится распределение.

Для предела текучести, предела кратковременной прочности, ударной вязкости и жаропрочности максимальный ранг присваивался максимальному значению. По свариваемости максимальный ранг присваивался стали, характеризующейся как хорошо свариваемый материал, далее значение «2» принимали для материала с ограниченной свариваемостью и самый низкий ранг принимали для не свариваемого материала. Аналогично оценивали и по стойкости к межкристаллитной коррозии, т.е. максимальный ранг присваивали материалу, нечувствительному к межкристаллической коррозии, далее материал с высокой стойкостью и самый низкий ранг – у материала, стойкого к межкристаллической коррозии. При оценке стоимости материала максимальный ранг присваивался минимальному значению. Полученные данные сведены в таблицу 2

Таблица 2 – Распределение ранга выбранных критериев

Показатель	Ранг							Сумма
	1	2	3	4	5	6	7	
10X18H9Л	1	1	3	1	2	1	3	12
10X18H9ТЛ	3	3	1	3	1	2	1	14
10X18H11БЛ	2	2	2	2	3	3	2	16

Из полученных данных (таблица 2) видно, что у стали 10X18H9ТЛ наибольшее количество критериев с максимальным рангом, в то время как у сталей 10X18H11БЛ и 10X18H9Л одинаковое количество критериев с максимальным рангом. Сталь 10X18H11БЛ по сумме рангов превышает сталь 10X18H9ТЛ на два пункта и сталь 10X18H9Л на 4 пункта. Построим по полученным данным столбчатую диаграмму (рисунок 1).

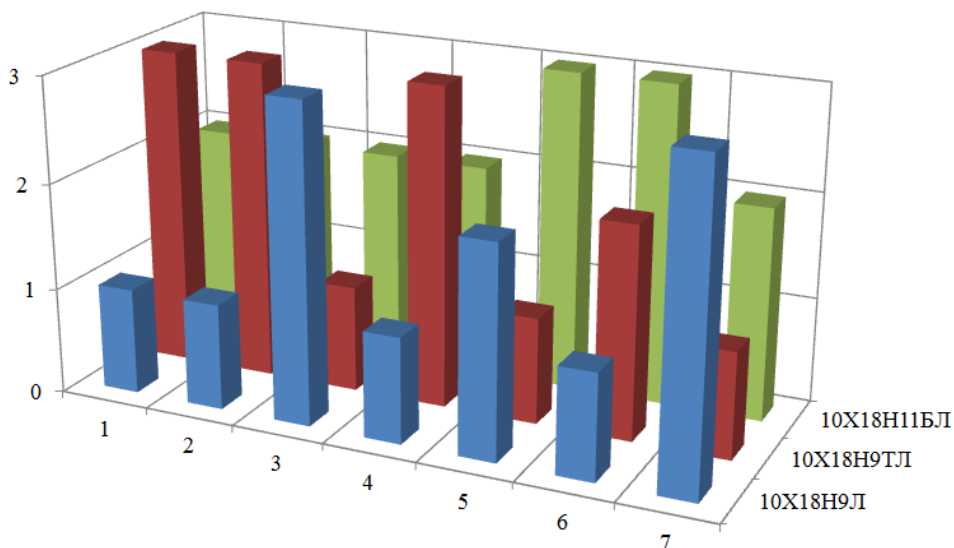


Рис. 1 – Диаграмма рангов, присвоенных критериям выбранных материалов

Из полученной диаграммы (рисунок 1) видно, что, несмотря на преимущество стали 10X18H9ТЛ по количеству максимальных значений рангов, остальные критерии имеют преимущественно минимальный ранг. Также видно, что для стали 10X18H11БЛ максимальное значение рангов – только по двум критериям, но оставшиеся критерии выше минимальных значений, что положительно характеризует данную сталь. Оценивая критерии для стали 10X18H9ТЛ, можно отметить, что при наличии двух критериев с максимальным рангом, данная сталь предварительно не рекомендуется для изготовления литого патрубка, так как у данного материала наибольшее количество критериев с минимальным рангом.

Сведем полученные данные в радар [15], который построен по всем признакам выбранных критериев с соблюдением следующих принципов (рисунок 2):

- круг радара делится радиальными оценочными шкалами на равные сектора, количество которых равно числу признаков;
- по мере удаления от центра круга значения показателей улучшаются;
- признаки оцениваются по бальной шкале в соответствии с рангом;
- нумерация показателей осуществляют по принципу часовой шкалы времени.

Для вычисления площади полученных фигур (рисунок 2) разделим каждую фигуру по оценочным шкалам на треугольники, далее воспользуемся формулой

$$S_{\Phi} = \sum_{i=1}^{10} S_i = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_9 + S_{10}, \quad (1)$$

где $S_1, S_2, S_3 \dots S_7, S_8$, – площади треугольников, образованных оценочными шкалами;

$$S_i = \frac{1}{2} a_i \cdot b_i \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где a_i и b_i – стороны треугольника, определяемые как количество баллов соответствующего показателя; α – угол между оценочными шкалами.

Полученные результаты сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчетные значения площадей фигуры

Показатель Материал	Площадь, кв. усл. ед.							Сумма
	1	2	3	4	5	6	7	
10X18H9Л	0,46	1,38	1,38	0,92	0,92	1,38	1,38	7,80
10X18H9ТЛ	4,13	1,38	1,38	1,38	0,92	0,92	1,38	11,48
10X18H11БЛ	1,84	1,84	1,84	2,75	4,13	2,75	1,84	16,98

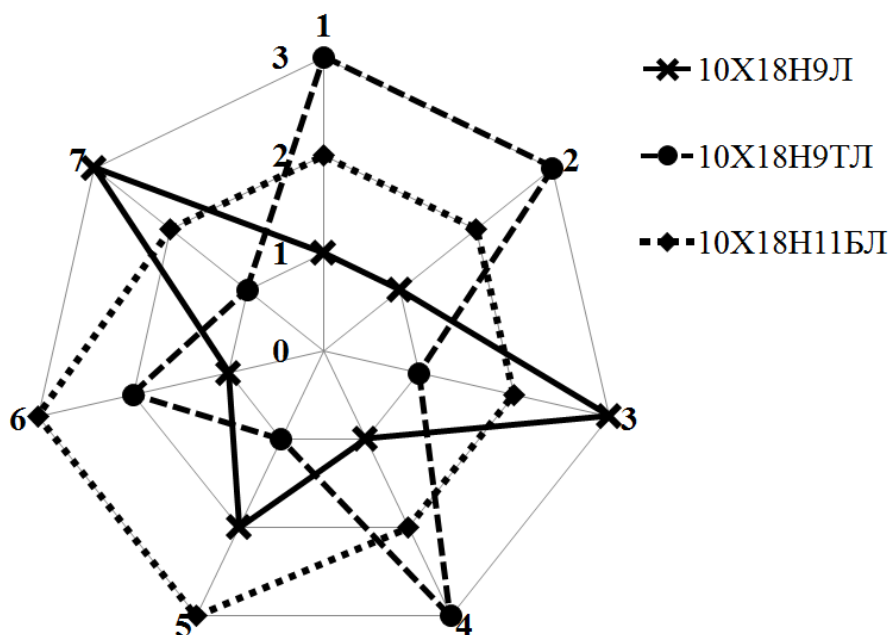


Рис. 1 – Обобщающий радар по выбранным признакам

Анализируя данные из таблицы 3, можно отметить, что максимальная площадь, ограничиваемая полученной ломаной радара (рисунок 2), соответствует стали 10X18H11БЛ. При этом площадь, соответствующая стали 10X18H11БЛ, более чем в два раза превышает площадь, соответствующую стали 10X18H9Л.

Вывод. По итогам анализа сталей 10X18H9Л, 10X18H9ТЛ и 10X18H11БЛ по семи признакам трех критериев для изготовления литого патрубка выхлопной системы рекомендуется применять сталь 10X18H11БЛ, как имеющую оптимальное сочетание всех рассмотренных параметров.

Библиография

1. Водолазская Н. В., Минасян А.Г., Шарая О.А. О причинах отказа и об оценке износа насосного оборудования перерабатывающих предприятий АПК машин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 3 (11). С. 14-23.
2. Рой О.М. Критерии выбора эффективных решений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.elitarium.ru/prinyatie-resheniya-alternativa-risk-ocenka-kriterij-variant-vybor-plan-veroyatnost-razrabotka-ispolnenie/>
3. Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонта автомобилей / Шадричев В.А. –Л.: Машиностроение, 1976. – 560 с.
4. Лузан С.А. Критерий выбора способа восстановления деталей машин // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. 2017. Вип. 183. С. 45-56.
5. Сулов В.П. Шамко В.К. Выбор рациональных технологий восстановления деталей // Техника в сельском хозяйстве. – 1984 – № 1 С. 46-48.
6. Полканов И., Пискунов Ю., Сорокин Л. Оценочные показатели способов восстановления деталей // Техника в сельском хозяйстве. – 1976. – № 5. С. 77-78.
7. Петровский А.Б., Ройзензон Г.В. Многокритериальный выбор с уменьшением размерности пространства признаков: многоэтапная технология ПАКС // Искусственный интеллект и принятие решений, 2012. С. 88-103.
8. Птускин А.С., Левнер Е., Жукова Ю.М. Многокритериальная модель определения наилучшей доступной технологии при нечетких исходных данных // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2016. № 6. С. 105-127. DOI: 10.18698/0236-3941-2016-6-105-127.
9. Пастухов А.Г., Бережная И.Ш. Методика и результаты критериальной оценки инструмента электроискрового наращивания // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 2 (22). С. 67-77.
10. Pastukhov A., Kolesnikov A., Bakharev D., Berezhnaya I. Assessment of operability of compressor crankshaft (Оценка работоспособности коленчатого вала компрессора) // Engineering for rural development. Proceedings, Vol. 17, Latvia University of Life Sciences and Technologies / Jelgava, 2018 P. 850-855. ISSN 1691-5976. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N14.

11. Pastukhov A., Sharaya O., Vodolazskaya N., Minasyan A. Hardening of parts of agricultural machinery with laser micro alloying (Упрочнение деталей сельскохозяйственных машин лазерным микролегированием) / Engineering for rural development / Proceedings, Vol. 17, Latvia University of Life Sciences and Technologies / Jelgava, 2018 – P. 1360-1365. ISSN 1691-5976, DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N14.
12. Бережная И.Ш. Экспериментальная отработка режимов электроискровой обработки нержавеющей стали // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 4 (28). С. 17-24.
13. Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф., Корнеев В.М. и др. Технологические процессы в техническом сервисе машин и оборудования : учеб. пособие / И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, В.М. Корнеев [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 346 с.
14. Стребков С.В., Слободюк А.П., Бондарев А.В. Восстановление работоспособности деталей зарубежной сельскохозяйственной техники Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 5-3 (10-3). С. 268-272.

References

1. Vodolazskaya N.V., Minasyan A.G., Sharaya O.A. O prichinakh otказа i ob otsenke iznosa nasosnogo oborudovaniya pererabatyvayushchikh predpriyatiy APK mashin [On the reasons for the failure and on the assessment of the wear of pumping equipment for processing enterprises of the agro-industrial complex machines] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2016. № 3 (11). S. 14 -23.
2. Roy O.M. Kriterii vybora effektivnykh resheniy [Criteria for choosing effective solutions] (Elektronnyy resurs). –Rezhim dostupa: URL: <http://www.elitarium.ru/prinyatie-resheniya-alternativa-risk-ocenka-kriterij-variant-vybor-plan-veroyatnost-razrabotka-ispolnenie/>
3. Shadrichev V.A. Osnovy tekhnologii avtostroyeniya i remonta avtomobiley [Fundamentals of automotive technology and car repair] / Shadrichev V.A. –L. : Mashinostroyeniye, 1976. – 560 s.
4. Luzan S.A. Kryteryu vybora sposoba vosstanovleniya detaley mashyn [Criteria for choosing a method of restoring machine parts] // Visnyk KHNTUS·H im. P. Vasylenka. Resursozberihayuchi tekhnolohiyi, materialy ta obladnannya u remontnomu vyrobnytsvi. 2017. Vyp. 183. S. 45-56.
5. Suslov V.P. Shamko V.K. Vybory ratsional'nykh tekhnologiy vosstanovleniya detaley [The choice of rational technologies for the restoration of parts] // Tekhnika v sel'skom khozyaystve. – 1984 – № 1. S.46-48.
6. Polkanov I., Piskunov Yu., Sorokin L. Otsenochnyye pokazateli sposobov vosstanovleniya detaley [Estimated indicators of methods for restoring parts] // Tekhnika v sel'skom khozyaystve. – 1976. – № 5. S.77-78.
7. Petrovskiy A.B., Royzenzon G.V. Mnogokriterial'nyy vybor s umen'sheniyem razmernosti prostranstva priznakov: mnogoetapnaya tekhnologiya PAKS [Multi-criteria choice with a reduction in the dimension of the feature space: multi-stage technology PAKS] // Iskustvennyy intellekt i prinyatiye resheniy, 2012. S. 88-103.
8. Ptskin A.S., Levner Ye., Zhukova Yu.M. Mnogokriterial'naya model' opredeleniya nailuchshey dostupnoy tekhnologii pri nechetkikh iskhodnykh dannykh [Multi-criteria model for determining the best available technology with fuzzy input data] // Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Mashinostroyeniye. 2016. № 6. С. 105-127. DOI: 10.18698/0236-3941-2016-6-105-127.
9. Pastukhov A.G., Berezhnaya I.Sh. Metodika i rezul'taty kriterial'noy otsenki instrumenta elektroiskrovogo narashchivaniya [Methodology and results of criteria-based evaluation of the electrospark build-up tool] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2019. № 2 (22). S. 67-77.
10. Pastukhov A., Kolesnikov A., Bakharev D., Berezhnaya I. Assessment of operability of compressor crankshaft (Оценка работоспособности коленчатого вала компрессора) // Engineering for rural development. Proceedings, Vol 17, Latvia University of Life Sciences and Technologies/ Jelgava, 2018 P. 850-855. ISSN 1691-5976. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N14.
11. Pastukhov A., Sharaya O., Vodolazskaya N., Minasyan A. Hardening of parts of agricultural machinery with laser micro alloying (Упрочнение деталей сельскохозяйственных машин лазерным микролегированием) / Engineering for rural development / Proceedings, Vol. 17, Latvia University of Life Sciences and Technologies / Jelgava, 2018. – P. 1360-1365. ISSN 1691-5976, DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N14.
12. Berezhnaya I.Sh. Eksperimental'naya otrabotka rezhimov elektroiskrovoy obrabotki nerzhavayushchikh staley [Experimental testing of modes of electrospark processing of stainless steels] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2020. № 4(28). S. 17-24.
13. Kravchenko I.N., Puzryakov A.F., Korneyev V.M. i dr. Tekhnologicheskiye protsessy v tekhnicheskom servise mashin i oborudovaniya : ucheb. Posobiye [Technological processes in the technical service of machines and equipment: textbook. allowance] / I.N. Kravchenko, A.F. Puzryakov, V.M. Korneyev [i dr.]. — М. : INFRA-М, 2018. – 346 s.
14. Strebkov S.V., Slobodyuk A.P., Bondarev A.V. Restoration of operability of parts of foreign agricultural machinery Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2014. Vol. 2. № 5-3 (10-3). Pp. 268-272.

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, pastukhov_ag@bsaa.edu.ru

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

Слободюк Алексей 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, slobodyuk_ap@bsaa.edu.ru

Information about authors

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

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

Slobodyuk Aleksey Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of technical mechanics and construction of machines Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, slobodyuk_ap@bsaa.edu.ru

УДК 631.363.21

В.А. Петров, П.В. Дородов, Л.Я. Лебедев

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА ЛОПАСТНОГО БАРАБАНА МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ ПРИ ОПТИМАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Аннотация. Молотковые дробилки при измельчении зерна претерпевают значительный абразивный износ рабочих органов (лопастного колеса, молотков, решета и пр.) вследствие их неоптимальной конструкции в местах динамического взаимодействия с частицами газодисперсного материала, при этом барабан дробилки подвергается максимальному изнашиванию. Особенно сильно изнашиваются рабочие поверхности лопастей колеса барабана, что приводит к преждевременному их разрушению. Методами физического моделирования можно исследовать причины быстрого разрушения рабочих органов, что позволит повысить скорость, экономическую эффективность, надежность при оптимальном проектировании конструкции модернизированной дробилки. В качестве газо-абразивной смеси в геометрически подобной модели дробилки зерна ДКР-5М использовался воздушный поток кварцевого песка. Для исследования износа на рабочие поверхности модели лопастного колеса, изготовленного на 3D-принтере, наносился слой лакокрасочного покрытия. Исследовалась динамика изменения формы и площади «пятна» износа – участка разрушенного лакокрасочного покрытия. Путем физического моделирования доказано, что оптимальным положением радиально-направленной лопасти колеса является ее установка под углом минус десять градусов к вектору угловой скорости вращения барабана (к продольной оси барабана, направленной в противоположную сторону всасываемого на входе потока зерна). Это приводит к снижению величины износа более чем в 1,5 раза, а его равномерность увеличивается более чем в 5 раз, что неизбежно повысит равномерность износа других рабочих органов (молотков, решета и пр.), тем самым увеличится долговечность барабана и безотказность дробилки в целом.

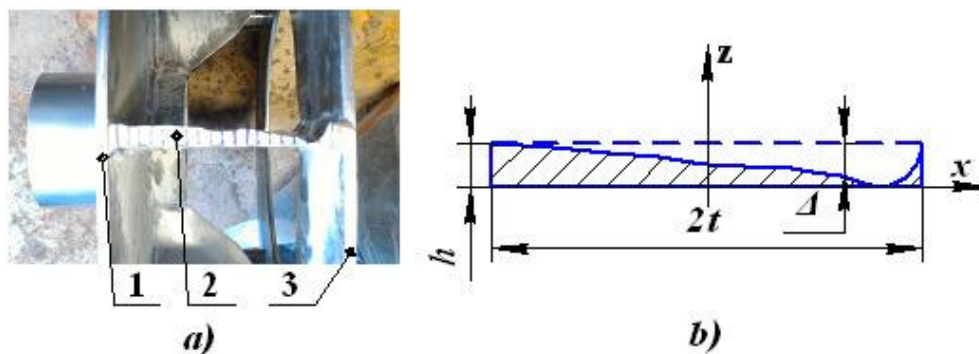
Ключевые слова: дробилка зерна, моделирование, износ лопастного барабана, оптимизация конструкции, долговечность, безотказность.

PHYSICAL MODELING OF THE WEAR OF THE BLADE DRUM OF A HAMMER CRUSHER WITH OPTIMAL DESIGN

Abstract. Hammer crushers when grinding grain undergoes significant abrasive wear of working bodies (paddle wheel, hammers, sieve, etc.) due to their suboptimal design in places of dynamic interaction with particles of gas-dispersed material, while the crusher drum is subjected to maximum wear. The working surfaces of the drum wheel blades wear out especially badly, which leads to their premature destruction. By methods of physical modeling, it is possible to investigate the causes of rapid destruction of working bodies, which will increase the speed, economic efficiency, reliability with optimal design of the upgraded crusher structure. An air flow of quartz sand was used as a gas-abrasive mixture in a geometrically similar model of the DKR-5M grain crusher. To study the wear on the working surfaces of the blade wheel model made on a 3D printer, a layer of paint and varnish coating was applied. The dynamics of changes in the shape and area of the "spot" of wear – a section of destroyed paintwork - was studied. By means of physical modeling, it is proved that the optimal position of the radials directed wheel blade is its installation at an angle of minus ten degrees to the vector of the angular velocity of rotation of the drum (to the longitudinal axis of the drum directed in the opposite direction of the grain flow sucked at the inlet). This leads to a decrease in the amount of wear by more than 1.5 times, and its uniformity increases by more than 5 times, which will inevitably increase the uniformity of wear of other working bodies (hammers, sieves, etc.), thereby increasing the durability of the drum and the reliability of the crusher as a whole.

Keywords: grain crusher, modeling, blade drum wear, design optimization, durability, reliability.

Введение. В процессе подготовки кормов широкое применение находят молотковые дробилки зерна закрытого типа, работающие по принципу всасывания исходного материала и нагнетания готового продукта [1-5]. Данный тип дробилок при измельчении зерна претерпевает значительный абразивный износ рабочих органов (лопастного колеса, молотков, решета и пр.) вследствие их неоптимальной конструкции в местах динамического взаимодействия с частицами газодисперсного материала, при этом барабан дробилки подвергается максимальному изнашиванию. Особенно сильно изнашиваются рабочие поверхности лопастей колеса барабана, что приводит к преждевременному их разрушению [6-8] (рисунок 1).



1, 3 – диски колеса; 2 – лопасть; Δ – величина износа; h – первоначальная толщина лопасти (8 мм); $2t$ – ширина лопасти (80 мм)

Рис. 1 – Износ лопасти колеса дробилки зерна ДКР-5М (а) и усредненная форма сечения изношенной лопасти в осевом направлении барабана (b)

Для исследования причин быстрого разрушения рабочих органов можно воспользоваться методами физического моделирования, что позволит повысить скорость, экономическую эффективность, надежность при оптимальном проектировании конструкции модернизированной дробилки [6, 7, 9-13]. При разработке теоретической модели оптимального проектирования принимается допущение, что разрушение поверхности лопасти происходит при упругой деформации в каждой точке контакта частицы, т.е. износ происходит вследствие хрупкого выкрашивания пластичного материала. Данная гипотеза позволяет рассматривать материал рабочей поверхности лопасти как квазихрупкий. Для хрупких материалов большее значение на газоабразивный износ детали оказывает нормальная составляющая давления к рабочей поверхности от действия потока частиц [14-19]. Из условий равновесия это давление равно нормальным контактным напряжениям σ_z при взаимодействии частиц с поверхностью лопасти. Тогда за критерий оптимальности можно взять коэффициент контактных нормальных напряжений $g_\sigma = \sigma_z / (-p)$, а условие оптимальности в виде [6, 7, 20]:

$$g_\sigma = \frac{\sigma_z}{(-p)} \rightarrow 1, \tag{1}$$

p – величина среднего давления частиц материала на лопасть.

Если в выражении (1) символ «стремится» заменить на знак «равно», оно станет условием равнопрочности, когда контактные нормальные напряжения распределены по изнашиваемой поверхности лопасти равномерно, а линия действия равнодействующей силы $P = p2t$ будет проходить через центр тяжести поперечного сечения лопасти. Для плоской срединной поверхности лопасти условие равнопрочности не выполняется, поэтому задаемся условием оптимальности, когда лишь линия действия равнодействующей P пересекает центр тяжести поперечного сечения лопасти. Для этого необходимо наклонить лопасть к оси x под углом [6, 7]

$$\beta = \arctg \left(\frac{\int_{-t}^t g_\sigma x dx}{t \int_{-t}^t g_\sigma^2 dx} \right). \tag{2}$$

При использовании в полученном выражении (2) эмпирических коэффициентов, определенных по уравнениям регрессии замеренного износа реальных лопастей, нами получены значения $\beta = 7^\circ \dots 13,5^\circ$ [6, 7]. Для изготовления лопастного барабана в условиях ремонтных предприятий малых форм хозяйствования выбрано среднеарифметическое целое значение угла наклона лопасти $\beta = 10^\circ$, отложенное против хода часовой стрелки от оси x (рисунок 1).

Целью настоящих исследований является физическое моделирование износа барабана дробилки при оптимальном проектировании конструкции лопастного колеса.

Материалы и методы. Для проверки результатов исследований использовалась методика геометрического подобия при моделировании работы дробилки зерна ДКР-5М (рисунок 2,а). На рисунке 2,б представлена геометрически подобная модель дробилки в масштабе 1:5, при помощи которой моделировали процесс абразивного износа лопастей.

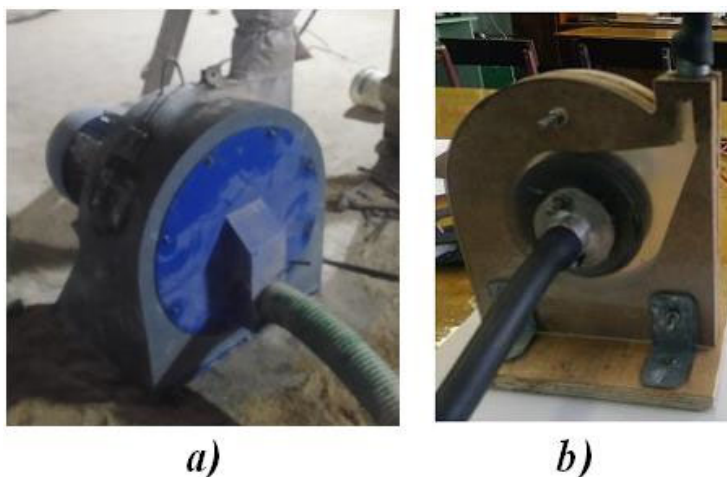
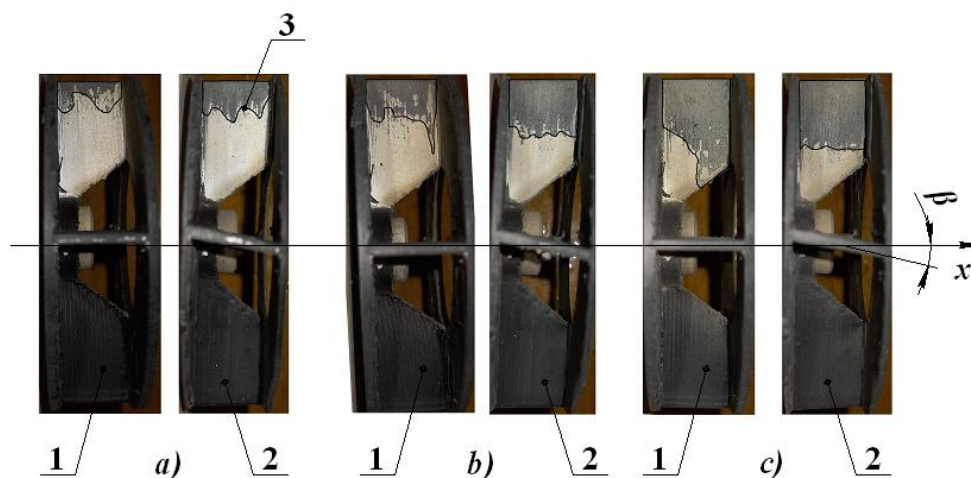


Рис. 2 – Внешний вид дробилки зерна ДКР – 5М (а) и ее геометрически подобная модель в масштабе 1:5 (b)

В качестве газо-абразивной смеси в модели дробилки использовался воздушный поток кварцевого песка. Для исследования износа на рабочие поверхности модели лопастного колеса, изготовленного на 3D-принтере, наносился слой лакокрасочного покрытия. В результате моделирования исследовалась динамика изменения формы и площади «пятна» износа – участка разрушенного лакокрасочного покрытия.

Результаты и обсуждение. Эксперименты проводились на моделях лопастных барабанов с первоначальным положением лопастей (0° к оси x барабана) и модернизированных барабанов с оптимальным положением лопастей под углом $\beta=10^\circ$ к оси x барабана. На рисунке 3 представлены некоторые фото-результаты проведенных экспериментов.



1 – модель лопастного колеса первоначальной формы (до модернизации); 2 – модель лопастного колеса с оптимальным положением лопасти под углом $\beta = 10^\circ$ к оси x барабана (после модернизации); 3 – граница «пятна» износа усредненной формы по четырем лопастям

Рис. 3 – Динамика развития «пятна» износа с течением времени после 30 секунд (а), 120 секунд (b) и 420 секунд (c) работы модели дробилки

Качественная оценка показывает, что форма «пятна» износа на модели барабана до модернизации меняется как на реальном барабане дробилки ДКР-5М. Износ рабочей поверхности модели лопасти модернизированного барабана происходит существенно равномернее.

Для количественной оценки величины износа и его равномерности определялись два показателя: приведенная величина износа Δ_n и координата центра тяжести «пятна» износа x_n в безразмерных величинах.

Если производительность модели дробилки до и после модернизации считать постоянной (площадь рабочей поверхности модернизированной лопасти увеличивается лишь на

1,5%), то мгновенный объем V разрушаемого материала изнашиваемой поверхности лопасти в один и тот же момент времени до и после модернизации будет величиной постоянной:

$$V = S \cdot \Delta = const,$$

где S – площадь «пятна» износа; Δ – величина износа.

Следовательно, величина износа

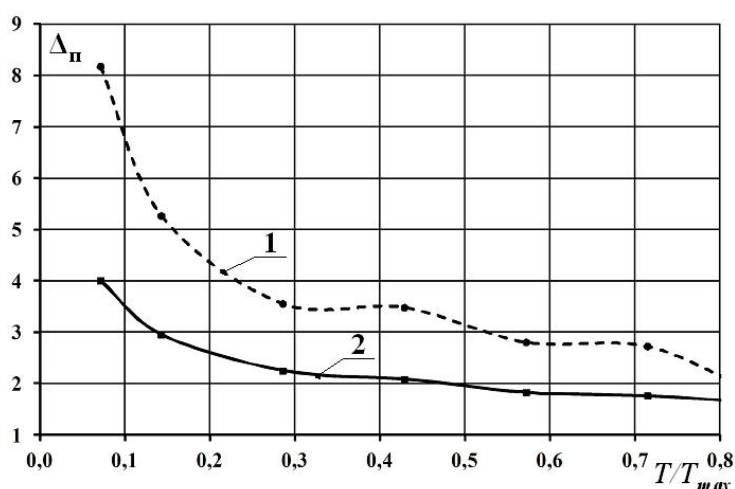
$$\Delta = \frac{const}{S}.$$

Приведенной величиной износа обозначим

$$\Delta_{\Pi} = \frac{S_{\text{л}}}{S}, \quad (3)$$

где $S_{\text{л}}$ – площадь рабочей поверхности лопасти модели колеса (360 мм²). Площадь «пятна» износа S определялась графически по фото-результатам в пакете САПР КОМПАС – 3D.

На рисунке 4 представлен график изменения приведенной величины износа Δ_{Π} , рассчитанной по выражению (3), с течением времени T для моделей лопастного колеса до и после модернизации.



1 – динамика износа до модернизации; 2 – динамика износа после модернизации;
 T_{max} – полное время проведения моделирования (420 секунд)

Рис. 4 – Изменение приведенной величины износа Δ_{Π} модели лопасти с течением времени T

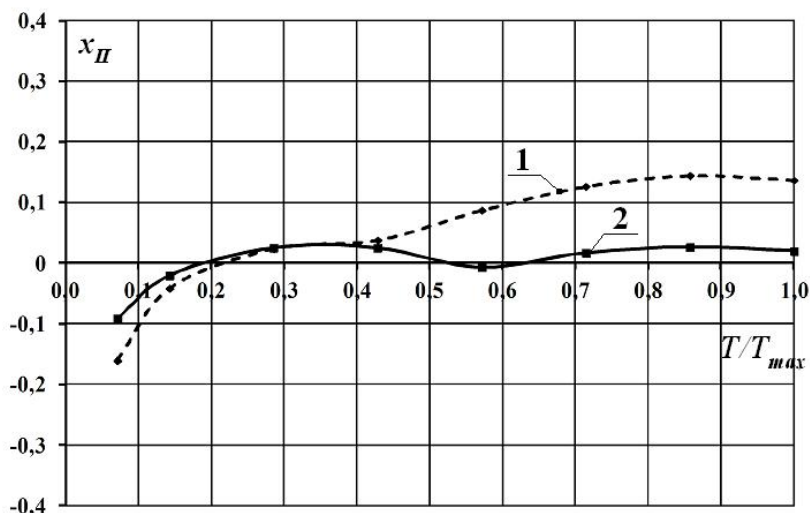
Анализ динамики процесса показал, что в период активного увеличения «пятна» износа $T = (0,14...0,72)T_{\text{max}}$ для модернизированного лопастного колеса износ снижается в 1,55...2,03 раза вследствие более равномерного распределения частиц газодисперсного потока.

Дополнительным подтверждением равномерности износа является положение центра тяжести «пятна» износа. Приведенной координатой центра тяжести «пятна» износа обозначим

$$x_{\Pi} = \frac{x_c}{t}, \quad (4)$$

где x_c – координата центра тяжести «пятна» износа, определяемая графически по фото-результатам в пакете САПР КОМПАС 3D, t – полуширина модели лопасти (8 мм).

На рисунке 5 представлен график изменения приведенной координаты центра тяжести x_{Π} «пятна» износа, рассчитанной по (4), с течением времени T для моделей лопастного колеса до и после модернизации.



1 – положение центра тяжести «пятна» износа до модернизации; 2 – положение центра тяжести «пятна» износа после модернизации; T_{max} – полное время проведения моделирования (420 секунд)

Рис. 5 – Изменение приведенной координаты центра тяжести x_{II} «пятна» износа с течением времени T

Количественная оценка показала, что в период установившегося режима работы модели дробилки $T > 0,14T_{max}$ для модернизированного лопастного колеса координата центра тяжести «пятна» износа не превышает $0,025t$, тогда как для лопастного колеса первоначальной формы она достигает значения $0,14t$ и более. Таким образом, равномерность распределения газо-абразивного потока частиц в барабане с оптимальным положением лопастей увеличивается в 5,6 раза.

Заключение. Путем физического моделирования доказано, что оптимальным положением лопасти в радиальном направлении колеса является ее установка под углом, равным минус 10° к продольной оси барабана, направленной в противоположную сторону всасываемого на входе потока зерна. Это приводит к снижению величины износа более чем в 1,5 раза, а его равномерность увеличивается более чем в 5 раз, что неизбежно повысит равномерность износа других рабочих органов (молотков, решета и пр.), тем самым увеличится долговечность барабана и безотказность дробилки в целом.

Библиография

1. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В. Мельников – Л. : Колос. 1978. – 560 с.
2. Мельников, С.В. Механизация технологических процессов / С.В. Мельников, П.В. Андреев. – М. : Агропромиздат, 1990. – 287 с.
3. Савиных, П.А. Модернизация дробилки зерна с дека-решетом / П.А. Савиных, Н.В. Турубанов, В.Л. Касьянов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 11. – С. 24-26.
4. Ерохин, М.Н. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике. Научное издание / М.Н. Ерохин. – Москва : Росинформагротех, 2011. – 248 с.
5. Чехунов, О.А. Определение основных конструктивно-режимных параметров молотковой зернодробилки для фуражного зерна / О.А. Чехунов, В.В. Воронин, А.В. Ворохобин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2 (30). – С. 45-56.
6. Simulation of the stress state during blade wear and optimal design of the grain crusher wheel / P.V. Dorodov, V.A. Petrov, L.Y. Lebedev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6, Krasnoyarsk, 18-20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk, 2022. – P. 042037.
7. Improving the reliability of the hammer grain crusher by optimal design of the paddle wheel / P.V. Dorodov, V.V. Kasatkin, V.A. Petrov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6, Krasnoyarsk, 18-20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk, 2022. – P. 042039.
8. Исследование показателей работы дробилки закрытого типа / В.И. Ширококов, П.В. Дородов, Л.Я. Новикова [и др.] // Сельский механизатор. – 2020. – № 11. – С. 16-17.
9. Ерохин, М.Н. Принципы повышения надежности и эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники: дис...док. техн. наук: 05.20.03 / Ерохин Михаил Никитич. – М., 1994. – 76 с.
10. Основы теории и техники физического моделирования и эксперимента: учебное пособие / Н.Ц. Гагапова, А.Н. Колиух, Н.В. Орлова, А.Ю. Орлов. – Тамбов, 2014. – 77 с.

11. Пастухов, А.Г. Поляризационно-оптические исследования напряженно-деформированного состояния подшипниковых узлов / А.Г. Пастухов, А.Г. Минасян // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 1 (25). – С. 84-92.
12. Прогнозирование фрикционно-износных характеристик трибосистем с использованием физического моделирования контактного взаимодействия подвижных соединений / С.М. Гайдар, А.Б. Лагузин, А.Г. Пастухов, А.М. Пикина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2 (30). – С. 98-107.
13. Концентрация напряжений в стыках конструктивных элементов сельхозмашин / П.В. Дородов, А.Г. Иванов, А.В. Костин [и др.] // Сельский механизатор. – 2020. – № 10. – С. 38-40.
14. Анализ видов изнашивания рабочих поверхностей деталей: учеб.-метод. пособ. / Ю.М. Лужнов [и др.]. – М. : МАДИ, 2018. – 48 с.
15. Сорокин, Г.М. Коррозионно-механическое изнашивание сталей и сплавов / Г.М. Сорокин, А.П. Ефремов. – М. : Нефть и газ, 2002. – 419 с.
16. Солдатиков, И.А. Износоконтактная задача с приложениями к инженерному расчету износа. – М. : Физматкнига, 2010. – 160 с.
17. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский; Под ред. Д.Г. Громаковского; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2000.– 268 с.
18. Трибология: Лабораторный практикум / А.В. Коломейченко, И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов [и др.]. – 2-е издание, стереотипное. – Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2021. – 168 с.
19. Чеботарев, М.И. Выбор оптимального способа восстановления изношенной поверхности детали : учеб. пособие / М.И. Чеботарев, М.Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 91 с.
20. Erokhin, M.N. Stress Concentration and Shape Optimization for a Fillet Surface of a Step-Shaped Shaft / M.N. Erokhin, P.V. Dorodov, A.S. Dorokhov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49. – № 3. – P. 214-223.

References

1. Mel'nikov, S.V. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodcheskih ferm [Mechanization and automation of livestock farms] / S.V. Mel'nikov – L. : Kolos. 1978. – 560 s.
2. Mel'nikov, S.V. Mekhanizatsiya tekhnologicheskikh processov [Mechanization of technological processes] / S.V. Mel'nikov, P.V. Andreev. – М. : Agropromizdat, 1990. – 287 s.
3. Savinyh, P.A. Modernizatsiya drobilki zerna s deka-reshetom [Modernization of grain crushers with a deca-sieve] / P.A. Savinyh, N.V. Turubanov, V.L. Kas'yanov // Traktory i sel'skohozyajstvennyye mashiny. – 2008. – № 11. – S. 24-26.
4. Erohin, M.N. Tekhnicheskie i tekhnologicheskie trebovaniya k perspektivnoj sel'skohozyajstvennoj tekhnike [Technical and technological requirements for promising agricultural machinery]. Nauchnoe izdanie / M.N. Erohin. – Moskva : Rosinformagrotekh, 2011. – 248 s.
5. Chekhunov, O.A. Opredelenie osnovnykh konstruktivno-rezhimnykh parametrov molotkovej zernodroibilki dlya furazhnogo zerna [Determination of the main structural and operational parameters of a hammer grain crusher for feed grain] / O.A. Chekhunov, V.V. Voronin, A.V. Vorobobin // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. – 2021. – № 2 (30). – S. 45-56.
6. Simulation of the stress state during blade wear and optimal design of the grain crusher wheel / P.V. Dorodov, V.A. Petrov, L.Y. Lebedev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6, Krasnoyarsk, 18-20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk, 2022. – P. 042037.
7. Improving the reliability of the hammer grain crusher by optimal design of the paddle wheel / P.V. Dorodov, V.V. Kasatkin, V.A. Petrov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6, Krasnoyarsk, 18-20 ноября 2021 года. – Krasnoyarsk, 2022. – P. 042039.
8. Issledovanie pokazatelej raboty drobilki zakrytogo tipa [Investigation of the performance of a closed-type crusher] / V.I. SHirobokov, P.V. Dorodov, L.YA. Novikova [i dr.] // Sel'skij mekhanizator. – 2020. – № 11. – S. 16-17.
9. Erohin, M.N. Principy povysheniya nadezhnosti i effektivnosti ekspluatatsii sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Principles of increasing the reliability and efficiency of agricultural machinery operation]: dis....dok. tekhn. nauk: 05.20.03 / Erohin Mihail Nikitich. – М., 1994. – 76 s.
10. Osnovy teorii i tekhniki fizicheskogo modelirovaniya i eksperimenta [Fundamentals of theory and techniques of physical modeling and experiment]: uchebnoe posobie / N.C. Gatapova, A.N. Koliuh, N.V. Orlova, A.Yu. Orlov. – Tambov, 2014. – 77 s.
11. Pastuhov, A.G. Polyarizacionno-opticheskie issledovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya podshpinnikovykh uzlov [Polarization-optical studies of the stress-strain state of bearing assemblies] / A.G. Pastuhov, A.G. Minasyan // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. – 2020. – № 1 (25). – S. 84-92.
12. Prognozirovanie frikcionno-iznosnykh harakteristik tribosistem s ispol'zovaniem fizicheskogo modelirovaniya kontaktnogo vzaimodejstviya podvizhnykh soedinenij [Forecasting of friction-wear characteristics of tribosystems using physical modeling of contact interaction of mobile joints] / S.M. Gajdar, A.B. Laguzin, A.G. Pastuhov, A.M. Pikina // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. – 2021. – № 2 (30). – S. 98-107.
13. Koncentratsiya napryazhenij v stykah konstrukcionnykh elementov sel'hozmashin [Stress concentration in the joints of structural elements of agricultural machinery] / P.V. Dorodov, A.G. Ivanov, A.V. Kostin [i dr.] // Sel'skij mekhanizator. – 2020. – № 10. – S. 38-40.

14. Analiz vidov iznashivaniya rabochih poverhnostej detalej [Analysis of types of wear working surfaces of parts]: ucheb.-metod. posob. / Yu.M. Luzhnov [i dr.]. – M. : MADI, 2018. – 48 s.
15. Sorokin, G.M. Korrozionno-mekhanicheskoe iznashivanie stalej i splavov [Corrosion-mechanical wear of steels and alloys] / G.M. Sorokin, A.P.Efremov. – M. : Neft' i gaz, 2002. – 419 s.
16. Soldatkov, I.A. Iznosokontakt'naya zadacha s prilozheniyami k inzhenernomu raschetu iznosa [Wear-contact problem with applications to the engineering calculation of wear]. – M. : Fizmatkniga, 2010. – 160 s.
17. Tribologiya. Fizicheskie osnovy, mekhanika i tekhnicheskie prilozheniya [Tribology. Physical foundations, mechanics and technical applications]: Uchebnik dlya vuzov / I.I. Berkovich, D.G. Gromakovskij; Pod red. D.G. Gromakovskogo; Samar. gos. tekhn. un-t. Samara, 2000.– 268 s.
18. Tribologiya [Tribology]: Laboratornyj praktikum / A.V. Kolomejchenko, I.N. Kravchenko, Yu.A. Kuznetsov [i dr.]. – 2-e izdanie, stereotipnoe. – Sankt-Peterburg : Izdatel'stvo «Lan», 2021. – 168 s.
19. Chebotarev, M.I. Vybor optimal'nogo sposoba vosstanovleniya iznoshennoj poverhnosti detali [Choosing the optimal way to restore the worn surface of the part]: ucheb. posobie / M.I. Chebotarev, M.R. Kadyrov. – Krasnodar : KubGAU, 2016. – 91 s.
20. Erokhin, M.N. Stress Concentration and Shape Optimization for a Fillet Surface of a Step-Shaped Shaft / M.N. Erokhin, P.V. Dorodov, A.S. Dorokhov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2020. – Vol. 49. – № 3. – P. 214-223.

Сведения об авторах

Петров Виталий Анатольевич, старший преподаватель кафедры эксплуатации и ремонта машин, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Россия, 426069, e-mail: pvd80@mail.ru;

Дородов Павел Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Россия, 426069, e-mail: pvd80@mail.ru;

Лебедев Лев Яковлевич, кандидат технических наук, профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Россия, 426069, e-mail: pvd80@mail.ru

Information about authors

Petrov Vitaly Anatolyevich, senior lecturer of the department of operation and repair of machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy», Studentskaya str., 11, Izhevsk, Russia, 426069, e-mail: pvd80@mail.ru;

Dorodov Pavel Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of the department of theoretical mechanics and resistance of materials, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy», Studentskaya str., 11, Izhevsk, Russia, 426069, e-mail: pvd80@mail.ru;

Lebedev Lev Yakovlevich, candidate of technical sciences, professor of the department of theoretical mechanics and resistance of materials, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy», Studentskaya str., 11, Izhevsk, Russia, 426069, e-mail: pvd80@mail.ru

УДК 629.3.015:629.3.032

М.И. Романченко

БАЛАНСЫ ЭНЕРГИИ, МОЩНОСТИ, МОМЕНТОВ И СИЛ ПРИ КАЧЕНИИ КОЛЕСА В СВОБОДНОМ И ВЕДУЩЕМ РЕЖИМАХ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТОЧЕК ШИНЫ И КОЛЕСА

Аннотация. Мощностной баланс при качении колеса в ведущем режиме принято составлять на основе уравнений моментов с использованием в них динамического радиуса или радиуса качения колеса в свободном режиме. Правомерность использования того или иного радиуса является спорным вопросом, требующим решения. Приведена методика составления уравнений балансов энергии, мощности, моментов и сил при качении колеса в свободном и ведущем режимах на основе линейных и угловых перемещений элементарных точек шины и колеса на плоской опорной поверхности. Затраты энергии для движения колеса в ведущем режиме, составляющие баланс, включают затраты на перемещение колеса, на буксование и деформацию шины. В качестве определяющей составной части уравнений балансов выступает радиус качения колеса в свободном режиме. Получено выражение для определения коэффициента полезного действия колеса. На численном примере представлен расчет составляющих балансов тракторного колеса, оснащенного шиной модели Goodyear OPTITRAC DT812 типоразмера 520/70R38. Представлены графические зависимости составляющих балансов мощности, моментов и сил от коэффициента буксования колеса. На графиках зависимостей выделено восемь характерных точек, обращающих на себя внимание. Они отображают максимальные значения мощности и крутящего момента на колесе, тяговой мощности, тягового момента, продольной силы тяги и коэффициента полезного действия колеса. Установлено, что рациональные тяговые режимы работы ведущего колеса реализуются в диапазоне коэффициента буксования колеса, находящегося в интервале значений 0,11-0,15. Приведенная методика составления балансов колеса наиболее точно отражает структурную взаимосвязь силовых и кинематических параметров шины и колеса при качении на плоской опорной поверхности. Она может найти применение при расчетах и оптимизации режимов работы колесных тракторно-транспортных агрегатов.

Ключевые слова: колесо, шина, качение, сила, момент, мощность, баланс, режим, коэффициент, буксование.

BALANCES OF ENERGY, POWER, MOMENTS AND FORCES DURING WHEEL ROLLING IN FREE AND DRIVING MODES BASED ON LINEAR AND ANGULAR DISPLACEMENTS OF TIRE AND WHEEL POINTS

Abstract. The power balance when the wheel is rolling in the driving mode is usually based on the equations of moments using the dynamic radius or the rolling radius of the wheel in the free mode. The legality of the use of a particular radius is a controversial issue that requires resolution. The method of drawing up the equations of energy, power, moments and forces balances during wheel rolling in free and driving modes based on linear and angular displacements of elementary points of the tire and wheel on a flat support surface is given. The energy costs for driving the wheel in the driving mode, which make up the balance, include the costs of moving the wheel, slipping and deformation of the tire. The radius of rotation of the wheel in free mode acts as a determining component of the balance equations. An expression for determining the efficiency of the wheel is obtained. A numerical example shows the calculation of the components of the balances of a tractor wheel equipped with a tire model Goodyear OPTITRAC DT812 size 520/70R38. Graphical dependences of the components of the power balances, moments and forces on the wheel slip coefficient are presented. Eight characteristic points that attract attention are highlighted on the dependency graphs. They display the maximum values of power and torque on the wheel, traction power, traction torque, longitudinal traction force and wheel efficiency. It is established that rational traction modes of operation of the driving wheel are realized in the range of the wheel slip coefficient, which is in the range of values 0.11-0.15. The given method of drawing up wheel balances most accurately reflects the structural relationship of the power and kinematic parameters of the tire and wheel when rolling on a flat support surface. It can be used in the calculation and optimization of the operating modes of wheeled tractor-transport units.

Keywords: wheel, tire, rolling, force, torque, power, balance, mode, coefficient, slipping.

Введение. Процесс качения колеса в классическом представлении подразделяется на следующие возможные режимы: свободный, ведущий, нейтральный, ведомый и тормозной [1, 2]. Каждый из этих режимов характеризуется определенным сочетанием действующих и противодействующих силовых факторов и кинематических параметров [3-5].

Базовым режимом качения колеса принято считать свободный режим. Он предполагает отсутствие продольных сил и реакций, приложенных к колесу в пятне контакта шины с

опорной поверхностью [6]. В процессе качения колеса в свободном режиме на колесо действует крутящий момент, а противодействует ему момент сопротивления качению, обусловленный деформацией шины относительно опорной поверхности.

Для составления мощностного баланса колеса при качении в ведущем режиме исходными обычно являются уравнения моментов силового баланса. Спорным вопросом при переходе от силового баланса к мощностному является правомерность использования в уравнениях этих балансов динамического радиуса или радиуса качения колеса в свободном режиме [7-11].

Цель исследований – уточнение уравнений балансов колеса при качении в свободном и ведущем режимах, исключая структурное несоответствие составляющих мощностного и силового балансов при их сопоставлении в случае использования различных радиусов колеса в качестве расчетного альтернативного параметра.

Материалы и методы. В предыдущих авторских исследованиях [12, 13] на основе двух независимых подходов обоснована необходимость использования радиуса качения колеса в свободном режиме для взаимной трансформации силового и мощностного балансов. В подтверждение этой правомерности обратимся к еще одному, третьему подходу, основанному на взаимосвязи движений отдельных точек шины и колеса.

Взаимодействие шины с плоской опорной поверхностью происходит в форме плоской контактной площадки, приведенной к контактной линии, проходящей через экваториальное сечение шины. Это взаимодействие характеризуется геометрическими, кинематическими и силовыми параметрами шины и колеса.

Статический радиус колеса $r_{ст}$ с допустимой для расчетов погрешностью отождествляется с динамическим радиусом колеса $r_{д}$, который определяется тем же расстоянием от оси колеса до опорной плоскости, но на движущемся колесе [2].

Радиус $r_{кч}$ качения колеса в свободном режиме выступает в качестве расчетного кинематического параметра, необходимого для математического описания взаимосвязи линейного и углового перемещений колеса.

Этот радиус может быть получен двумя расчетно-измерительными способами. Первый способ заключается в прокатывании колеса по плоской опорной поверхности на несколько целых оборотов вокруг его оси под действием приложенного к нему исключительно только крутящего момента и измерении длины пройденного колесом пути. Полученное значение длины необходимо разделить на суммарное угловое перемещение колеса, исчисленное в радианной мере по зафиксированному числу оборотов колеса [14].

Поскольку реализация свободного режима качения колеса в составе колесного движителя затруднительна, прокатывание осуществляют в ведомом режиме, как более удобном, и с некоторым допущением считают, что существенной погрешности при дальнейшем расчете радиуса качения не будет. То есть в этом случае расчетные значения радиусов качения колеса в свободном и ведомом режиме отождествляются [15].

Второй способ заключается в том, что за основу расчета радиуса качения колеса в свободном режиме следует брать длину контактной площадки шины и статический радиус колеса. Сначала необходимо тригонометрическим путем определить центральный угол α_k контактной площадки шины, взятый как угол между двумя пересекающимися лучами, проходящими через ось колеса и крайние точки на продольной оси контурной фигуры контактной площадки в передней и задней ее частях. Затем необходимо разделить длину $l_{кп}$ контактной площадки на радианное значение центрального угла α_k контактной площадки и получить расчетное значение радиуса $r_{кч}$ качения колеса в свободном режиме.

Исходя из второго способа, радиус качения колеса в свободном режиме определяется выражением [15]

$$r_{кч} = \frac{l_{кп}}{\alpha_k}, \quad (1)$$

где $l_{кп}$ – длина контактной площадки беговой дорожки шины; α_k – центральный угол контактной площадки беговой дорожки шины.

Радиус качения колеса в свободном режиме выступает в форме опосредованного кинематического параметра для математического описания связи углового движения колеса с его линейным перемещением.

Рассмотрим фрагмент перемещения колеса в свободном режиме качения на расстояние s_0 , равное длине $l_{кп}$ пятна контакта шины, при повороте колеса на угол α_k (рисунок 1).

На рисунке 1 и последующих рисунках отрезками O_0A_2 и $O_0'A_2'$, выделенными сплошной основной линией, показана линейная метка, отображающая изменение относительного положения двух характерных точек — оси вращения колеса O_0 (O_0') и крайней точки контактной площадки беговой дорожки шины A_2 (A_2'), передней A_2 – перед началом поворота, задней A_2' – после поворота колеса на угол α_k . Обозначение O_0A_2 соответствует положению линейной метки перед началом поворота, $O_0'A_2'$ – после поворота колеса на угол α_k .

При свободном режиме качения колеса продольные силы и реакции отсутствуют. Колесо перемещается исключительно только под действием крутящего момента M_k , преодолевающего момент сопротивления качению, представляющий собой момент сопротивления деформации шины.

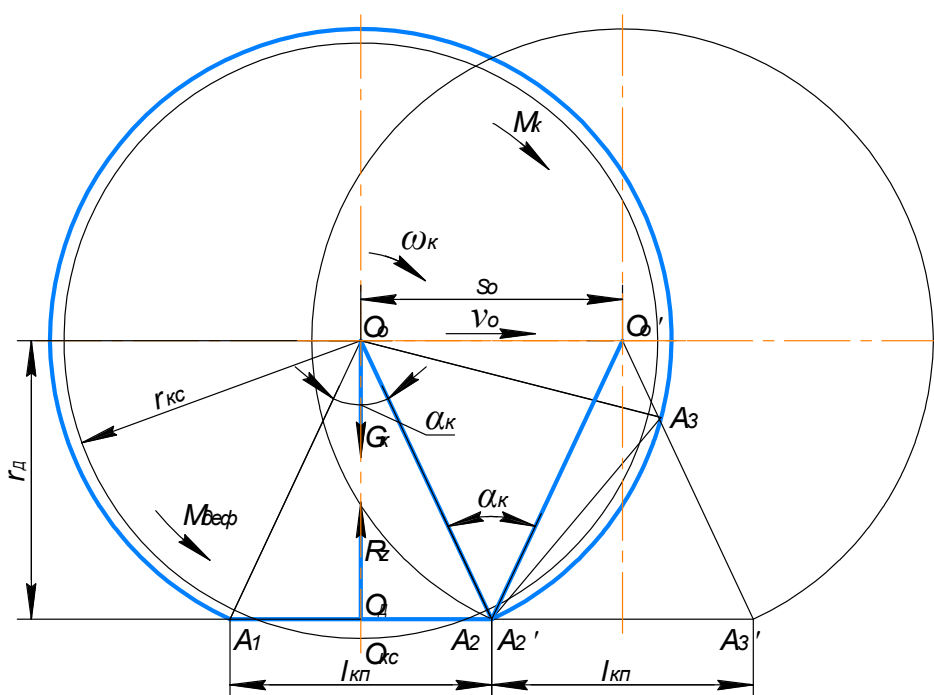


Рис. 1 – Схема качения колеса в свободном режиме

Расстояние s_0 , на которое перемещается ось колеса при повороте его на угол, равный центральному углу α_k контакта шины с опорной поверхностью, составляет по величине длину $l_{кп}$ контактной площадки беговой дорожки шины. Полагаем, что в плоскости контакта шины скольжение элементов контактной площадки шины отсутствует, как это принято считать при свободном режиме качения колеса [16].

Условный радиус качения колеса в этом случае определяется делением расстояния $l_{кп}$, пройденного осью колеса при его повороте на угол α_k , на радианное значение этого угла, то есть в соответствии с выражением (1).

Работа, затраченная в свободном режиме качения колеса на его перемещение во вращательно-поступательном движении, определяется произведением момента сопротивления деформации шины $M_{деф}$ на угол поворота колеса α_k и составляет величину

$$A_{деф} = M_{деф} \alpha_k \tag{2}$$

Энергия A_k , подводимая к колесу, расходуется на работу $A_{деф}$, затрачиваемую на преодоление момента сопротивления деформации шины,

$$A_k = A_{деф} \tag{3}$$

Энергия A_k определяется произведением крутящего момента M_k , подведенного к колесу, на угол α_k его поворота

$$A_k = M_k \alpha_k. \tag{4}$$

Отсюда следует равенство моментов M_k и $M_{\text{деф}}$

$$M_k = M_{\text{деф}}. \tag{5}$$

Коэффициент полезного действия колеса в свободном режиме определим, как отношение отсутствующей полезной работы $A_{\text{пер}} = P_x s_0 = 0$ при перемещении колеса на расстояние s_0 вследствие равенства нулю продольной силы $P_x = 0$, к затраченной энергии

$$\eta_k = \frac{P_x s_0}{M_k \alpha_k}. \tag{6}$$

Из этого следует равенство нулю коэффициента полезного действия колеса при качении в свободном режиме

$$\eta_k = 0. \tag{7}$$

Рассмотрим наиболее характерный случай качения колеса – в ведущем режиме (рисунок 2). На рисунке 2 отрезком $O_0^*A_2$, выделенным штриховой основной линией, показана линейная метка, отображающая гипотетическое относительное положение двух характерных точек – оси вращения колеса и крайней задней точки контактной площадки беговой дорожки шины – после поворота колеса на угол α_k без буксования, то есть в свободном режиме качения.

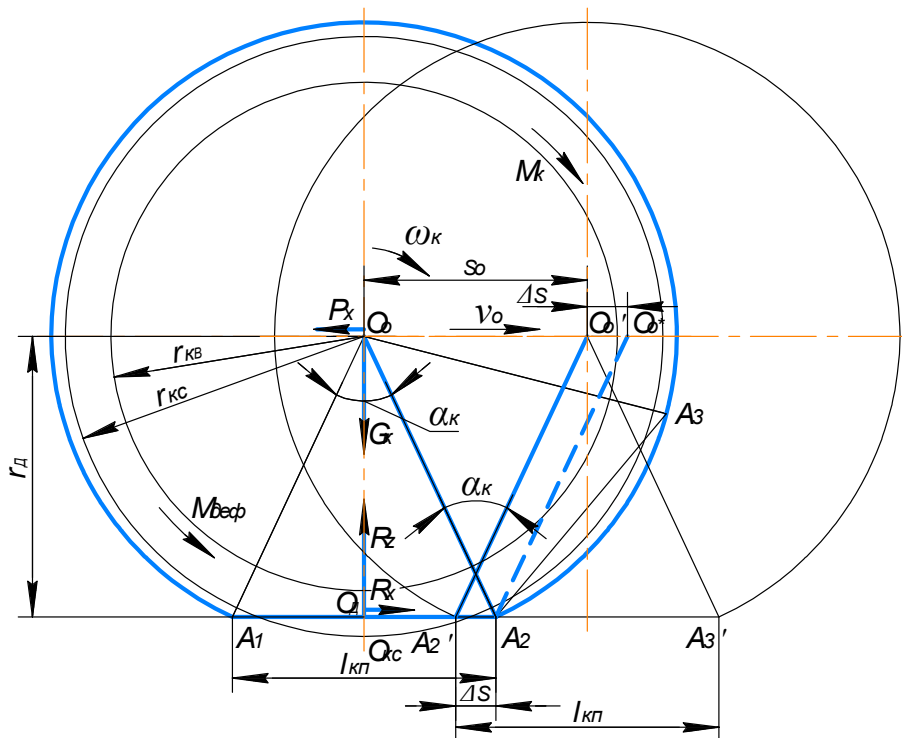


Рис. 2 – Схема качения колеса в ведущем режиме

В ведущем режиме качения колеса расстояние s_0 , на которое перемещается ось колеса при его повороте на угол α_k , оказывается на некоторую величину Δs меньше, чем длина $l_{\text{кп}}$ контактной площадки беговой дорожки шины.

$$s_0 = l_{\text{кп}} - \Delta s. \tag{8}$$

Это обусловлено тем, что в плоскости контакта шины имеет место скольжение элементов контактной площадки беговой дорожки шины в направлении, обратном направлению движения оси колеса, то есть наблюдается процесс буксования, приводящий к потере части пройденного расстояния на величину Δs .

Элементарная точка A_2 контактной площадки беговой дорожки шины, находящаяся в передней ее части, в процессе движения при повороте колеса вокруг своей оси на угол α_k , оказывается в задней части контактной площадки беговой дорожки шины в точке A_2' , то есть

она меняет свое линейное и угловое положение относительно оси O_o (O_o') колеса, – обозначенной на схеме (см. рис. 2) как O_o в начальной фазе движения и как O_o' в конечной фазе движения, – соответственно на расстояние, равное длине $l_{кп}$ контактной площадки, и на угол, равный центральному углу α_k контактной площадки беговой дорожки шины.

Это означает, что относительно оси O_o (O_o') колеса каждая элементарная точка контактной площадки беговой дорожки шины совершает относительно прямолинейное передвижение, равное длине контактной площадки $l_{кп}$, в процессе поворота этой точки относительно оси O_o (O_o') колеса на угол α_k .

Затраты энергии на это относительное передвижение составляют

$$A_{дв} = R_x l_{кп} . \quad (9)$$

Ось колеса перемещается поступательно из точки O_o в точку O_o' на расстояние s_o , совершая при этом полезную работу

$$A_{пер} = P_x s_o . \quad (10)$$

Разность между затратами энергии $A_{дв}$ на относительное передвижение и полезной работой $A_{пер}$ на перемещение отражает в численном выражении потери $A_{букс}$ энергии на трение в плоскости контактной площадки беговой дорожки шины в процессе буксования, т.е.

$$A_{букс} = A_{дв} - A_{пер} . \quad (11)$$

Поскольку

$$\begin{aligned} l_{кп} &= r_{кс} \alpha_k , \\ s_o &= r_{кв} \alpha_k , \\ P_x &= R_x , \end{aligned} \quad (12)$$

а

$$A_{дв} = R_x r_{кс} \alpha_k , \quad (13)$$

$$A_{пер} = R_x r_{кв} \alpha_k , \quad (14)$$

имеем

$$A_{букс} = R_x r_{кс} \alpha_k - R_x r_{кв} \alpha_k , \quad (15)$$

или

$$A_{букс} = R_x (r_{кс} - r_{кв}) \alpha_k . \quad (16)$$

Помимо затрат энергии на буксование, следует учесть также затраты энергии на преодоление момента сопротивления деформации шины при качении колеса

$$A_{деф} = M_{деф} \alpha_k . \quad (17)$$

Затраты энергии, подводимые к оси колеса и необходимые для приведения его во вращательное и поступательное движение в ведущем режиме качения, в совокупности с энергетическими потерями на буксование и деформацию шины, составляют энергетический баланс колеса

$$A_k = A_{деф} + A_{пер} + A_{букс} , \quad (18)$$

$$A_k = M_k \alpha_k = M_{деф} \alpha_k + R_x r_{кв} \alpha_k + R_x (r_{кс} - r_{кв}) \alpha_k . \quad (19)$$

Для перехода к мощностному балансу произведем замену угла α_k поворота колеса в этом выражении на угловую скорость ω_k вращения колеса и получим

$$N_k = M_k \omega_k = M_{деф} \omega_k + R_x r_{кв} \omega_k + R_x (r_{кс} - r_{кв}) \omega_k . \quad (20)$$

Мощность N_k представляет собой мощность на колесе. Первая составляющая $M_{деф} \omega_k$ в этом выражении определяет мощность сопротивления деформации шины. Вторая составляющая $R_x r_{кв} \omega_k$ отражает тяговую мощность колеса. Последняя составляющая $R_x (r_{кс} - r_{кв}) \omega_k$ представляет собой мощность буксования колеса.

Для перехода к балансу моментов произведем сокращение выражения на угловую скорость ω_k вращения колеса и получим

$$M_k = M_{деф} + R_x r_{кв} + R_x (r_{кс} - r_{кв}) . \quad (21)$$

Для перехода к силовому балансу при качении колеса в ведущем режиме преобразуем предыдущее выражение и разделим его на радиус $r_{кс}$ качения колеса в свободном режиме

$$M_k = M_{деф} + R_x r_{кс} , \quad (22)$$

$$R_x = \frac{M_k - M_{\text{деф}}}{r_{\text{КС}}}. \quad (23)$$

Логично также представить переход к силовому балансу от мощностного баланса делением уравнения (20) на линейную скорость движения колеса в исходном свободном режиме качения, выраженную произведением $\omega_k r_{\text{КС}}$

$$\frac{N_k}{\omega_k r_{\text{КС}}} = \frac{M_k \omega_k}{\omega_k r_{\text{КС}}} = \frac{M_{\text{деф}} \omega_k}{\omega_k r_{\text{КС}}} + \frac{R_x r_{\text{КВ}} \omega_k}{\omega_k r_{\text{КС}}} + \frac{R_x (r_{\text{КС}} - r_{\text{КВ}}) \omega_k}{\omega_k r_{\text{КС}}}. \quad (24)$$

После преобразования получим

$$\frac{N_k}{\omega_k r_{\text{КС}}} = \frac{M_k}{r_{\text{КС}}} = \frac{M_{\text{деф}}}{r_{\text{КС}}} + \frac{R_x r_{\text{КВ}}}{r_{\text{КС}}} + \frac{R_x (r_{\text{КС}} - r_{\text{КВ}})}{r_{\text{КС}}}, \quad (25)$$

откуда

$$M_k = M_{\text{деф}} + R_x r_{\text{КВ}} + R_x (r_{\text{КС}} - r_{\text{КВ}}) = M_{\text{деф}} + R_x r_{\text{КС}}. \quad (26)$$

Полученное выражение аналогично выражению (21).

В этом выражении момент M_k представляет собой крутящий момент на колесе. Первая составляющая $M_{\text{деф}}$ определяет момент сопротивления деформации шины. Вторая составляющая $R_x r_{\text{КВ}}$ отражает тяговый момент колеса. Третья составляющая $R_x (r_{\text{КС}} - r_{\text{КВ}})$ представляет собой момент буксования колеса.

Коэффициент полезного действия колеса в ведущем режиме определяем как отношение полезной работы на перемещение колеса к затраченной энергии

$$\eta_k = \frac{R_x r_{\text{КВ}} \alpha_k}{M_k \alpha_k}, \quad (27)$$

или в развернутом виде

$$\eta_k = \frac{R_x r_{\text{КВ}} \alpha_k}{M_{\text{деф}} \alpha_k + R_x r_{\text{КВ}} \alpha_k + R_x (r_{\text{КС}} - r_{\text{КВ}}) \alpha_k}. \quad (28)$$

После преобразования выражение для коэффициента полезного действия имеет вид

$$\eta_k = \frac{R_x r_{\text{КВ}}}{M_{\text{деф}} + R_x r_{\text{КС}}}. \quad (29)$$

Результаты и обсуждение. В качестве исходных данных для расчетов энергетических, мощностных и силовых параметров качения колеса в ведущем режиме используем данные [17] для шины модели Goodyear OPTITRAC DT812 типоразмера 520/70R38, устанавливаемой на ведущие колеса трактора БЕЛАРУС 1523: нагрузка на колесо $G_k=19,5$ кН; наружный (свободный) диаметр шины $d_{\text{св}}=1,751$ м; свободный радиус колеса $r_{\text{св}}=0,876$ м; длина окружности качения шины $l_{\text{ок}}=5,258$ м; динамический (статический) радиус колеса при нормальной нагрузке и соответствующем внутреннем давлении воздуха в шине $r_d=0,782$ м; радиус качения колеса в свободном режиме $r_{\text{КС}}=0,837$ м; центральный угол контактной площадки шины на опорной поверхности $\alpha_k=0,881$ радиан; коэффициент трения покоя шины на опорной поверхности $\mu_{\text{пок}}=0,8$; коэффициент трения скольжения шины на опорной поверхности при полном буксовании колеса $\mu_{\text{букс}}=0,7$.

Результаты расчетов составляющих балансов мощности N_k , крутящего момента M_k , а также продольной реакции опорной поверхности R_x (продольной силы тяги) и коэффициента полезного действия колеса η_k , при качении колеса в ведущем режиме, выполненные по методике [18] с учетом полученных уточнений, приведены в графической зависимости от коэффициента буксования колеса на рисунках 3-6.

На полученных графических зависимостях имеется восемь характерных точек, на которые следует обратить внимание.

На графике, представленном на рисунке 3, расположены две характерные точки, соответствующие максимальным значениям мощности на колесе и тяговой мощности, а также одна точка, соответствующая равенству значений тяговой мощности и мощности буксования. Максимальное значение мощности на колесе составляет 42,36 кВт при коэффициенте буксования колеса 0,15. Максимальное значение тяговой мощности составляет 36,05 кВт при коэффициенте буксования колеса 0,11. Равные значения тяговой мощности и мощности бук-

сования 19,30 кВт наблюдаются при коэффициенте буксования колеса 0,5. Как показывают дополнительные расчеты, условие равенства указанных мощностей сохраняется при одинаковом значении коэффициента буксования колеса 0,5 и для других исходных значений нагрузочных и геометрических параметров шины и колеса.

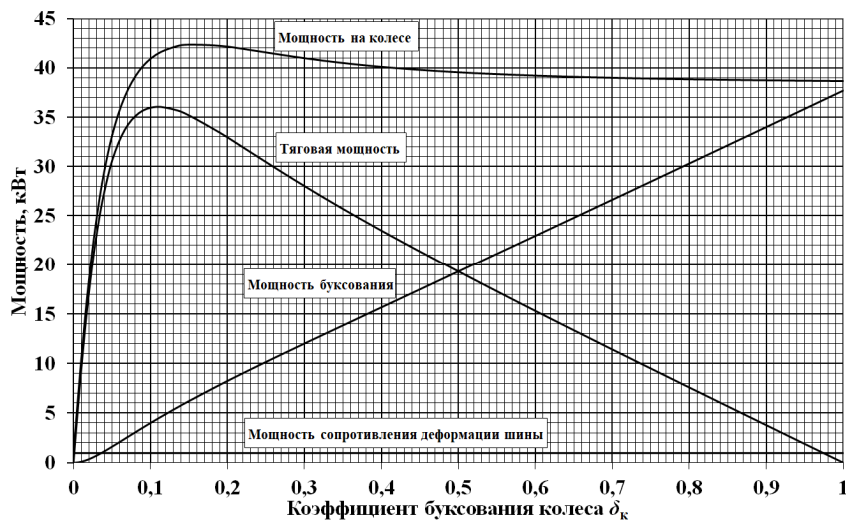


Рис. 3 – Составляющие баланса мощности ведущего колеса (при расчетной угловой скорости вращения ведущего колеса $\omega_k = 3,3$ рад/с)

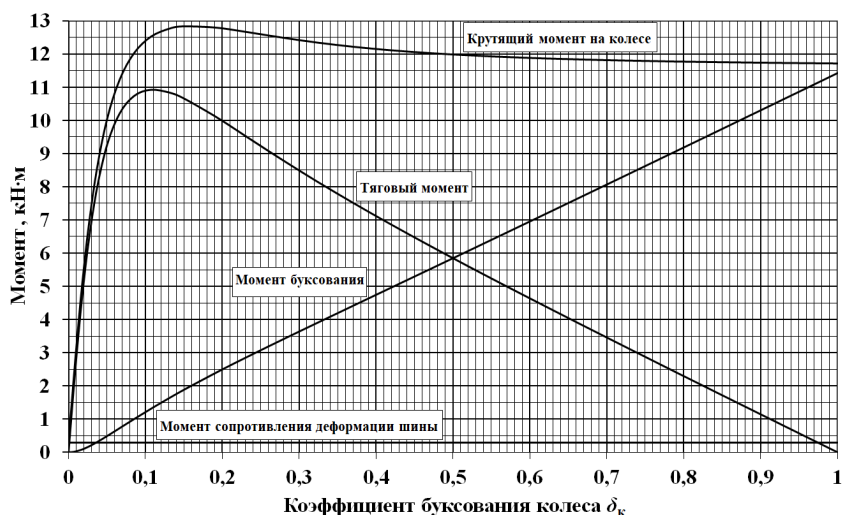


Рис. 4 – Составляющие баланса крутящего момента колеса

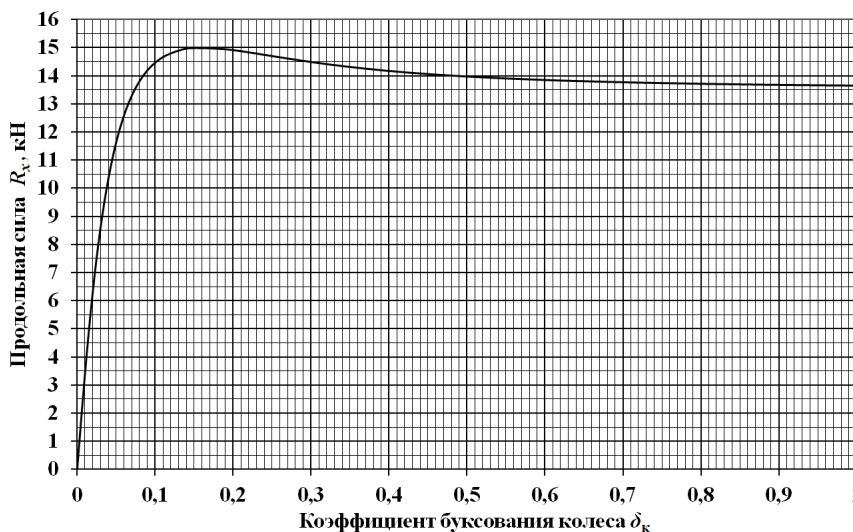


Рис. 5 – Продольная сила тяги колеса

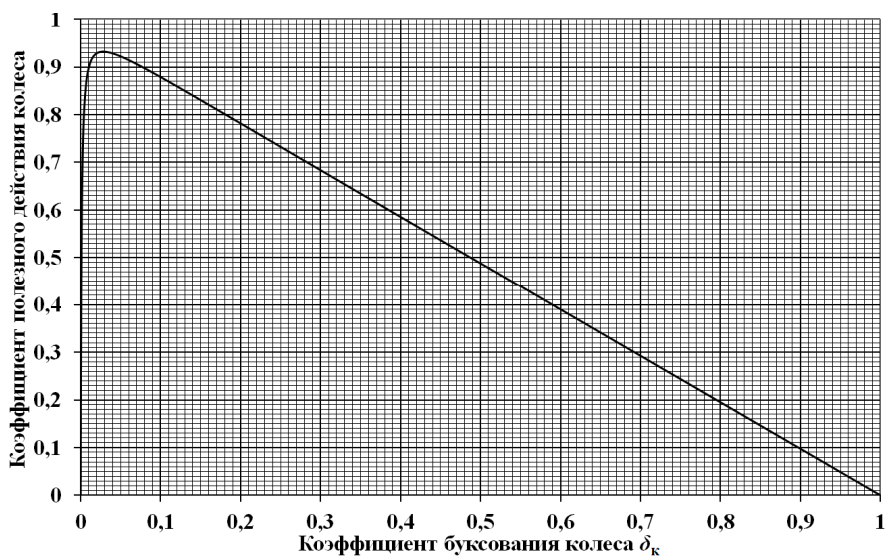


Рис. 6 – Коэффициент полезного действия колеса

На графике, изображенном на рисунке 4, имеются две характерные точки, соответствующие максимальным значениям крутящего момента на колесе и тягового момента, а также одна точка, соответствующая равенству значений тягового момента и момента буксования. Максимальное значение крутящего момента на колесе составляет 12,84 кН·м при коэффициенте буксования колеса 0,15. Максимальное значение тягового момента составляет 10,92 кН·м при коэффициенте буксования колеса 0,11. Равные значения тягового момента и момента буксования 5,85 кН·м наблюдаются при коэффициенте буксования колеса 0,5. Дополнительные расчеты показывают, что условие равенства этих моментов сохраняется при одинаковом значении коэффициента буксования колеса 0,5 и для других исходных значений нагрузочных и геометрических параметров шины и колеса.

На графике, показанном на рисунке 5, характерная точка соответствует максимальному значению продольной силы тяги колеса 14,99 кН при коэффициенте буксования колеса 0,15.

На графике, представленном на рисунке 6, характерная точка соответствует максимальному значению коэффициента полезного действия колеса 0,932 при коэффициенте буксования колеса 0,026.

Следует заметить, что графики составляющих баланса мощности на колесе (рисунок 3) и баланса крутящего момента колеса (рисунок 4) имеют полное сходство по виду зависимостей и установленным характерным значениям коэффициента буксования колеса. Следует также отметить, что максимальные значения мощности на колесе, крутящего момента колеса и продольной силы тяги наблюдаются в одной и той же точке, соответствующей значению коэффициента буксования колеса 0,15.

На общем фоне приведенных зависимостей следует обратить внимание на график зависимости коэффициента полезного действия колеса (рисунок 6). Из графика можно констатировать, что коэффициент полезного действия не является существенным оценочным показателем эффективности работы колеса как механизма преобразования движения в составе тракторно-транспортного агрегата, поскольку при максимальном значении коэффициента полезного действия реализуется незначительная сила тяги при малом значении коэффициента буксования колеса, что маловероятно при движении тракторно-транспортного агрегата с грузом.

Для оптимизации эксплуатационных показателей колесного тракторно-транспортного агрегата и для выбора рациональных тягово-нагрузочных режимов работы ведущих колес практический интерес представляет диапазон коэффициента буксования колеса в интервале от значения, соответствующего максимальной тяговой мощности, до значения, соответствующего максимальной силе тяги. В расчетном примере этот диапазон представлен интервалом значений коэффициента буксования от 0,11 до 0,15.

Выводы. Приведенные аналитические выкладки при составлении балансов мощности, моментов и сил при качении колеса в ведущем режиме подтверждают изложенные ранее [12, 13] доказательства правомерности использования в качестве базового расчетного параметра именно радиуса качения колеса в свободном режиме, а не любого другого, в частности динамического радиуса колеса.

Для повышения точности определения и оптимизации эксплуатационных показателей тракторно-транспортных агрегатов следует использовать полученные уравнения мощностного и силового балансов ведущего колеса при выборе рациональных тягово-нагрузочных и скоростных режимов работы ведущих колес.

Библиография

1. ГОСТ 17697-72. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. М. : Издательство стандартов, 1972. 24 с.
2. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория. Мн. : Высшая школа, 1986. 208 с.
3. Ларин В.В. Оценка параметров прямолинейного качения колесного движителя по твердой опорной поверхности. Вестник МГГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение», 2012. № 2. С. 59-69.
4. Pacejka H. Tire and Vehicle Dynamics. 3rd Edition. Butterworth-Heinemann. Elsevier, 2012. 629 p.
5. Popp K., Schiehlen W. Ground Vehicle Dynamics. Springer, 2010. 366 p.
6. Подригало М.А., Потапов Н.Н. Движение жесткого автомобильного колеса при действии крутящего момента и толкающей силы. Автомобильный транспорт. Вып. 28, 2011. С. 14-17.
7. Копотилов В.И., Пархоменко Л.Б. Анализ уравнений силового и мощностного баланса ведущего колеса автомобиля / Нефть и газ Западной Сибири: материалы международной научно-технической конференции. Тюмень. ТюмГНГУ, 2015. Т. 3. С. 206-209.
8. Копотилов В.И. О кинематическом и динамическом радиусе колеса с пневматической шиной / Проблемы функционирования систем транспорта: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Тюмень. Тюменский индустриальный университет, 2016. Т. 1. С. 191-198.
9. Пожидаев С.П. О некоторых уточнениях теории качения эластичного колеса. Автомобильная промышленность, 2013. № 12. С. 13-15.
10. Пожидаев С.П. О теории качения эластичного колеса с позиции механики. Автомобильная промышленность, 2014. № 11. С. 16-17.
11. Пожидаев С.П. О причине, приведшей к заблуждению о возможности применения динамического радиуса в теории движения колесных самоходных машин / Нефть и газ Западной Сибири: материалы международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Косухина Анатолия Николаевича. Тюмень. Тюменский индустриальный университет, 2015. С. 302-306.
12. Романченко М.И. Анализ мощностного баланса при качении колеса в ведущем режиме. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 2 (26). С. 86-93.
13. Романченко М.И. Составление мощностного баланса для ведущего колеса автомобиля с использованием плана скоростей. Инновационные технологии на автомобильном транспорте: материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 18 мая 2021 года. Министерство науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛУ». Воронеж, 2021. С. 38-44.
14. ГОСТ 24567-81. Шины пневматические. Метод измерения эффективной обкатываемой окружности при дорожных испытаниях. М. : Государственный комитет СССР по стандартам. 1981. 7 с.
15. Романченко М.И. Кинематические параметры качения колеса в ведущем режиме. Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». Вып. 2 (33), 2009. С. 46-49.
16. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. М. : Машиностроение. 1990. 352 с.
17. Шины для тракторов, сельскохозяйственных машин и лесозаготовительной техники Goodyear OPTITRAC DT812. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.teh-center.ru/index.php?productID=1322> (дата обращения 05.04.2022).
18. Mikhail Romanchenko, Alexander Pastukhov. Determination of specific power parameters and coefficient of slipping of tractor wheel. Contents of Proceedings of 18th International Scientific Conference. Engineering for rural development. Jelgava. 2019. May 22-24, p. 50-56.

References

1. GOST 17697-72. Avtomobili. Kachenie kolesa. Termini i opredeleniya [Cars. Rolling of the wheel. Terms and definitions]. Standards Publishing House, 1972. 24 p.
2. Grishkevich A.I. Avtomobili. Teoriya [Cars. Theory]. Mn. Higher School, 1986. 208 p.
3. Larin V.V. Otsenka parametrov priamolineinogo kacheniiia kolesnogo dvizhitelia po tverdoi opornoj poverkhnosti. [Estimation of parameters of rectilinear rolling of a wheel mover on a solid support surface]. Bulletin of the Bauman Moscow state University. Series «Mechanical engineering», 2012, no. 2. Pp. 59-69.

4. Pacejka H. Tire and Vehicle Dynamics. 3rd Edition. Butterworth-Heinemann. Elsevier, 2012. 629 p.
5. Popp K., Schiehlen W. Ground Vehicle Dynamics. Springer, 2010. 366 p.
6. Podrigalo M.A., Potapov N.N. Dvizhenie zhestkogo avtomobil'nogo koleasa pri dejstvii krutyashchego momenta i tolkayushchej sily [The movement of a rigid automobile wheel under the action of torque and pushing force]. Road transport. Issue 28, 2011. Pp. 14-17.
7. Kopotilov V.I. Parkhomenko L.B. Analiz uravnenii silovogo i moshchnostnogo balansa vedushchego koleasa avtomobilia. [Analysis of power and power balance equations of the driving wheel of the automobile]. Western Siberia Oil and Gas: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Tyumen. Tyumen State Oil and Gas University Publ., 2015, vol. 3, pp. 206-209.
8. Kopotilov V.I. O kinematicheskom i dinamicheskom radiuse koleasa s pnevmaticheskoi shinoi. [About kinematic and dynamic radius of wheel with pneumatic tire]. [Problems of Transport Systems Functioning: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists]. Tyumen. Tyumen industrial university Publ., 2016, vol. 1, pp. 191-198.
9. Pozhidaev S.P. O nekotorykh utochnenniakh teorii kachenii elastichnogo koleasa. [About some refinements of elastic wheel rolling theory]. Automotive industry, 2013, № 12, pp. 13-15.
10. Pozhidaev S.P. O teorii kachenii elastichnogo koleasa s pozitsii mekhaniki. [About the rolling theory of the elastic wheel from the position of mechanics]. Automotive industry, 2014, № 11, pp. 16-17.
11. Pozhidaev S.P. O prichine, privedshei k zabluzhdeniiu o vozmozhnosti primeneniia dinamicheskogo radiusa v teorii dvizhenii kolesnykh samokhodnykh mashin. [About the reason that led to the misconception about the possibility of using dynamic radius in the theory of movement of wheeled self-propelled machines]. Oil and Gas of Western Siberia: Materials of the International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 90th Anniversary of the Birth of Kosukhin Anatoly Nikolayevich]. Tyumen. Tyumen industrial university Publ., 2015, pp. 302-306.
12. Romanchenko M.I. Analiz moshchnostnogo balansa pri kachenii koleasa v vedushchem rezhime [Analysis of the power balance when the wheel is rolling in the driving mode]. Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives, 2020, № 2 (26), pp. 86-93.
13. Romanchenko M.I. Sostavlenie moshchnostnogo balansa dlya vedushchego koleasa avtomobilya s ispol'zovaniem plana skorostej [Drawing up the power balance for the driving wheel of the car using the speed plan]. Innovative technologies in road transport: Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference, Voronezh, May 18, 2021. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, VGLTU. Voronezh, 2021, pp. 38-44.
14. GOST 24567-81. Shiny pnevmaticheskie. Metod izmereniya effektivnoj obkatyvaemoj okruzhnosti pri dorozhnykh ispytaniyah [Method of measuring the effective run-in circle during road tests]. Moscow: USSR State Committee on Standards, 1981, 7 p.
15. Romanchenko M.I. Kinematicheskie parametry kacheniya koleasa v vedushchem rezhime [Kinematic parameters of wheel rolling in the driving mode]. Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "V.P. Goryachkin Moscow State Agroengineering University". Issue 2 (33), 2009, pp. 46-49.
16. Smirnov G.A. Teoriia dvizhenii kolesnykh mashin. [Theory of movement of wheeled vehicles]. Moscow. Mechanical engineering Publ., 1990. 352 p.
17. Shiny dlia traktorov, sel'skokhoziaistvennykh mashin i lesozagotovitel'noi tekhniki Goodyear OPTITRAC DT812. Available at: <http://www.teh-center.ru/index.php?productID=1322> (accessed April 5, 2022).
18. Mikhail Romanchenko, Alexander Pastukhov. Determination of specific power parameters and coefficient of slipping of tractor wheel. Contents of Proceedings of 18th International Scientific Conference. Engineering for rural development. Jelgava. 2019. May 22-24, p. 50-56.

Сведения об авторах

Романченко Михаил Иванович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технического сервиса в агропромышленном комплексе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-29-35, e-mail: romanchenko_mi@bsaa.edu.ru

Information about the authors

Romanchenko Mikhail I., candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of technical service in the agro-industrial complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +7 4722 39-29-35, e-mail: romanchenko_mi@bsaa.edu.ru

УДК 631.37

Е.В. Соловьев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ГИДРОНАВЕСКУ ТРАКТОРА СО СТОРОНЫ ПРИЦЕПА

Аннотация. Порядка 50-60% от общего числа транспортных работ в сельском хозяйстве выполняется тракторным транспортом. Наибольшее распространение получила прицепная схема компоновки тракторных транспортных агрегатов, она отличается простотой агрегатирования и не зависит от конструкции ходовой и несущей частей трактора, но в свою очередь ее эффективность ограничивается отсутствием возможности повышения грузоподъемности агрегата и снижения буксования ведущих колес. Для повышения тягово-сцепных свойств трактора в агрегате с прицепом имеется ряд технических решений, их анализ показывает, что они или сложны в изготовлении, или малоэффективны в отношении передачи части веса прицепа на гидронавеску трактора. С целью исключения отмеченных недостатков предложено тягово-догрузочное устройство к прицепу, позволяющее силу сопротивления его передвижения использовать как догружающую трактор, что поможет снизить буксование ведущих колес трактора, а как следствие уменьшить расход топлива. Также применение предложенного ТДУ позволит корректировать номинальную грузоподъемность прицепа за счет разгрузки его передней оси. В свою очередь догружающая сила будет зависеть от крюкового усилия трактора и взаимодействия конструктивных элементов тягово-догрузочного устройства. Для определения допустимой вертикальной нагрузки на гидронавеску трактора со стороны прицепа составлено уравнение моментов сил с учетом движения тракторного транспортного агрегата на подъеме. Определено изменение догрузки трактора МТЗ-80 со стороны прицепа 2ПТС-4 в зависимости от угла склона и коэффициента сопротивления передвижению прицепа. Для средних значений (угол склона 2,5°, коэффициент сопротивления передвижению прицепа 0,12), допустимая вертикальная нагрузка на гидронавеску трактора составит 7,7 кН. При угле склона близком нулю, при коэффициенте сопротивления передвижению прицепа 0,05, вертикальная нагрузка на гидронавеску трактора равна 11,2 кН. Результаты расчета не противоречат руководству по эксплуатации трактора МТЗ-80.

Ключевые слова: трактор, прицеп, тракторный транспортный агрегат, тягово-догрузочное устройство, догрузка.

DETERMINATION OF THE PERMISSIBLE VERTICAL LOAD ON THE TRACTOR HYDRAULIC HINGE FROM THE TRAILER SIDE

Abstract. About 50-60% of the total number of transport work in agriculture is carried out by tractor transport. The most widespread is the trailed layout of tractor transport units, it is easy to assemble and does not depend on the design of the chassis and bearing parts of the tractor, but in turn its effectiveness is limited by the lack of the possibility of increasing the carrying capacity of the unit and reducing the slipping of the driving wheels. To improve the traction properties of the tractor in the unit with the trailer, there are a number of technical solutions, their analysis shows that they are either difficult to manufacture or ineffective in transferring part of the trailer's weight to the tractor's hydraulic hitch. In order to eliminate the noted shortcomings, a traction and loading device for the trailer is proposed, which allows the resistance force of its movement to be used as additional loading of the tractor, which will help reduce the slipping of the driving wheels of the tractor, and as a result, reduce fuel consumption. Also, the use of the proposed TDU will allow adjusting the nominal load capacity of the trailer by unloading its front axle. In turn, the additional loading force will depend on the hook force of the tractor and the interaction of the structural elements of the traction-loading device. To determine the allowable vertical load on the hydraulic hitch of the tractor from the side of the trailer, the equation of the moments of forces was drawn up, taking into account the movement of the tractor transport unit on the rise. The change in the additional load of the MTZ-80 tractor from the side of the 2PTS-4 trailer is determined depending on the slope angle and the coefficient of resistance to the movement of the trailer. For average values (slope angle 2.5°, trailer movement resistance coefficient 0.12), the allowable vertical load on the tractor hydraulic linkage is 7.7 kN. With a slope angle close to zero, and a trailer movement resistance coefficient of 0.05, the vertical load on the tractor's hydraulic hitch is 11.2 kN. The results of the calculation do not contradict the operation manual of the MTZ-80 tractor.

Keywords: tractor, trailer, tractor transport unit, traction-loading device, reloading.

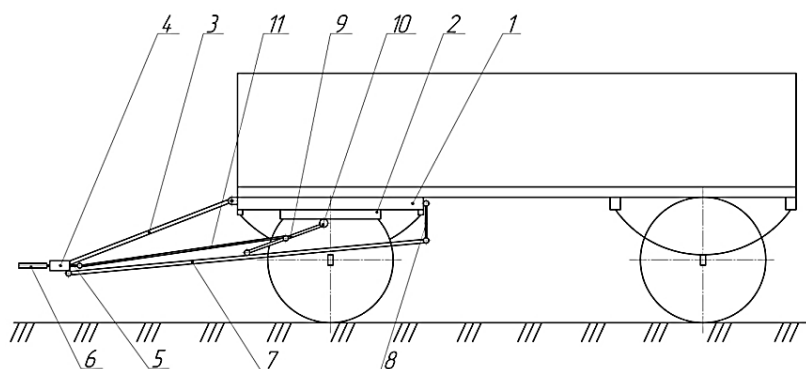
Введение. В сельском хозяйстве при перевозке грузов применяют автомобильный транспорт, тракторные прицепы, полуприцепы и технологические транспортные средства [1]. Тракторный транспорт, который используется на транспортных работах, чаще всего представлен колесными тракторам, они наиболее приспособлены для этого вида работ. Порядка 50-60% от общего числа транспортных работ в сельском хозяйстве выполняется тракторным транспортом [2]. Колесные трактора в сельском хозяйстве применяют при вывозе навоза,

транспортировании соломы и силоса, внесении удобрений и т.д. Известно 3 схемы компоновки тракторных транспортных агрегатов (ТТА): седельная, полуприцепная и прицепная. Чаще всего на транспортных работах в сельском хозяйстве применяется прицепная схема, ее преимуществом является простота агрегатирования. Ее можно применять в независимости от конструкции ходовой и несущей частей трактора. Недостатком данной схемы является ее малая эффективность по сравнению с другими схемами компоновки ТТА, так как не осуществляется догрузка трактора. При отсутствии догрузки исключается возможность повышения грузоподъемности прицепа и снижение буксования ведущих колес трактора.

Известен ряд технических решений, направленных на повышение тягово-сцепных свойств трактора в агрегате с прицепом [3, 4, 5, 6, 7], но они или сложны в изготовлении, или малоэффективны в отношении передачи части веса прицепа на гидронавеску трактора.

Основная часть. С целью исключения отмеченных недостатков предложено тягово-догогрузочное устройство (ТДУ) к прицепу (рисунок 1) [8, 9], где сила сопротивления его передвижения $P_{кр}$ догружает трактор.

ТДУ состоит из рамы 1 поворотной тележки прицепа, в нижней части рамы жестко смонтирован упор 2, причем закреплен он в продольном направлении по центру рамы. В свою очередь в передней части рамы поворотной тележки закреплено дышло 3 при помощи шарниров. На другом конце дышла закреплена муфта 4. В центральной части муфты в продольном направлении имеется отверстие, в которое установлен кронштейн 5. Причем кронштейн установлен с возможностью продольного перемещения. Передний конец кронштейна жестко соединяется с тяговым кольцом 6. Также к нижней части муфты закреплена балка 7 при помощи шарнира. Балка проходит под рамой поворотной тележки прицепа, а задний ее конец прикреплен к задней части рамы посредством серьги 8, причем в центральной ее части, крепление осуществляется при помощи шарнира. В свою очередь к средней части балки закреплен при помощи шарнира маятник 9. Маятник закреплен с возможностью продольного перемещения. В верхней части маятника смонтирован ролик 10, который контактирует с упором. Стоит отметить, что маятник относительно упора размещен под острым углом. К заднему концу кронштейна при помощи шарнира закреплена тяга 11, причем задний конец тяги соединен шарнирно со средней частью маятника.



1 – рама поворотной тележки прицепа; 2 – упор; 3 – дышло; 4 – муфта; 5 – кронштейн; 6 – тяговое кольцо; 7 – балка; 8 – серьга; 9 – маятник; 10 – ролик; 11 – тяга

Рис. 1 – Конструктивно-технологическая схема ТДУ к прицепу

Рассмотрим, каким образом взаимодействуют конструктивные элементы ТДУ к прицепу между собой и тем самым оказывают воздействие на гидронавеску трактора.

При движении трактора его гидронавеска воздействует на тяговое кольцо 6 и жестко соединенный с ним кронштейн 5, в свою очередь к кронштейну 5 при помощи шарнира прикреплен маятник 9, второй конец которого прикреплен к средней части маятника 9, также при помощи шарнира, данное взаимодействие элементов ТДУ позволяет преодолеть силу сопротивления передвижению прицепа $P_{кр}$ (рисунок 2). Реакция силы R_M возникает в месте крепления маятника 9 к тяге 11 (рисунок 2), она направлена в противоположную сторону от-

Стоит отметить, что в продольной плоскости на ТТА действуют еще касательные силы инерции вращающихся деталей, размещенных на поперечных валах, и сопротивление воздуха. При расчете моменты данных сил не будут учитываться, так как они не оказывают большое влияние на общую динамику ТТА [10].

Для определения допустимой вертикальной нагрузки на гидронавеску трактора со стороны прицепа P_d необходимо составить уравнение моментов сил относительно точки j . Первым делом необходимо отбросить связь трактора с прицепом, P_{KP}^I – сила взаимодействия трактора и прицепа, она равна по модулю реакции R_{KP}^I и направлена в противоположную сторону. Разложим силу взаимодействия трактора и прицепа P_{KP}^I на две составляющие: P_d – действующую вдоль оси Oz (вертикальную) и P_{KP}^I – действующую вдоль оси Ox (горизонтальную) (рисунок 3).

Составим уравнение моментов сил при установившемся режиме движения относительно точки j :

$$Z_K \cdot L_{TP} - G_{TP} \cdot (a_{TP} \cdot \cos \alpha - h_{TP} \cdot \sin \alpha) + P_d \cdot L_{KP} + P_{KP} \cdot h_{KP} = 0, \tag{2}$$

где X_j – движущая сила, Н; X_K – сила сопротивления качению управляемых колес, Н; Z_K , Z_j – реакция опорной поверхности на передние и на задние колеса трактора, Н; L_{TP} – продольная база трактора, м; a_{TP} – расстояние от задней оси до центра масс трактора, м; h_{TP} – расстояние от опорной поверхности до центра масс трактора, м; L_{KP} – кинематическая длина, м; h_{KP} – расстояние от опорной поверхности до нижних тяг гидронавески трактора, м; G_{TP} – вес трактора, приложенный в центре масс, кг; α – угол наклона опорной поверхности относительно горизонта; P_{KP} – сила сопротивления перекачиванию прицепа, Н.

Нагрузка на переднюю ось трактора Z_K при движении на подъем по показателям безопасности составляет $0,2G_{TP}$ [11], а $P_{KP}^I = R_{KP}^I = G_{ПП} \cdot f_{ПП} \cdot \cos \alpha + G_{ПП} \cdot \sin \alpha$, выражение для определения P_d примет вид:

$$P_d = \frac{G_{TP} \cdot (a_{TP} \cdot \cos \alpha - h_{TP} \cdot \sin \alpha) - 0,2G_{TP} \cdot L_{TP} - G_{ПП} \cdot h_{KP} \cdot (f_{ПП} \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{L_{KP}}. \tag{3}$$

Допустимая вертикальная нагрузка на гидронавеску трактора со стороны прицепа может быть представлена в виде функции:

$$P_d = F(G_{TP}; G_{ПП}; f_{ПП}; \alpha). \tag{4}$$

Вес трактора и прицепа являются постоянными величинами, а коэффициент сопротивления передвижению прицепа и угол склона опорной поверхности величины переменные и случайные, вероятно они подчиняются определенным законам распределения, т.е.

$$f_{ПП} = F(f) \quad \text{и} \quad \alpha = F(\alpha).$$

Среднее значение допустимой вертикальной нагрузки на гидронавеску трактора со стороны прицепа должно определяться с учетом случайного характера изменения аргументов $f_{ПП}$ и α т.е. в виде математического ожидания функции:

$$\overline{P_d} = \int_{\alpha_n}^{\alpha_k} \int_{f_{ПРн}}^{f_{ПРк}} F(G_{TP}; G_{ПП}; f_{ПП}, \alpha) z(f_{ПП}) z(\alpha) df_{ПП} d\alpha, \tag{5}$$

где $f_{ПРН}$, $f_{ПРК}$, α_H , α_K – начальное и конечное значение диапазонов изменения соответственно коэффициентов сопротивления передвижению прицепа и углов склона опорной поверхности.

Для определения допустимой вертикальной нагрузки на гидронавеску трактора со стороны прицепа примем во внимания исследования [12]. Из данных исследований возьмем значения углов склона полей по Белгородской области, а именно: $\bar{\alpha}=2,5^\circ$; $\bar{\partial}=1,65$, стоит отметить, что значение коэффициента сопротивления передвижению не установлено, поэтому провести расчеты по зависимости (5) не предоставляется возможным. Определим допустимую вертикальную нагрузку на гидронавеску трактора МТЗ-80 со стороны прицепа 2ПТС-4 при номинальной его грузоподъемности 4 т для средних условий: $\bar{\alpha}=2,5^\circ$; $\bar{f}=0,12$. Результаты расчетов представлены на рисунке 4.

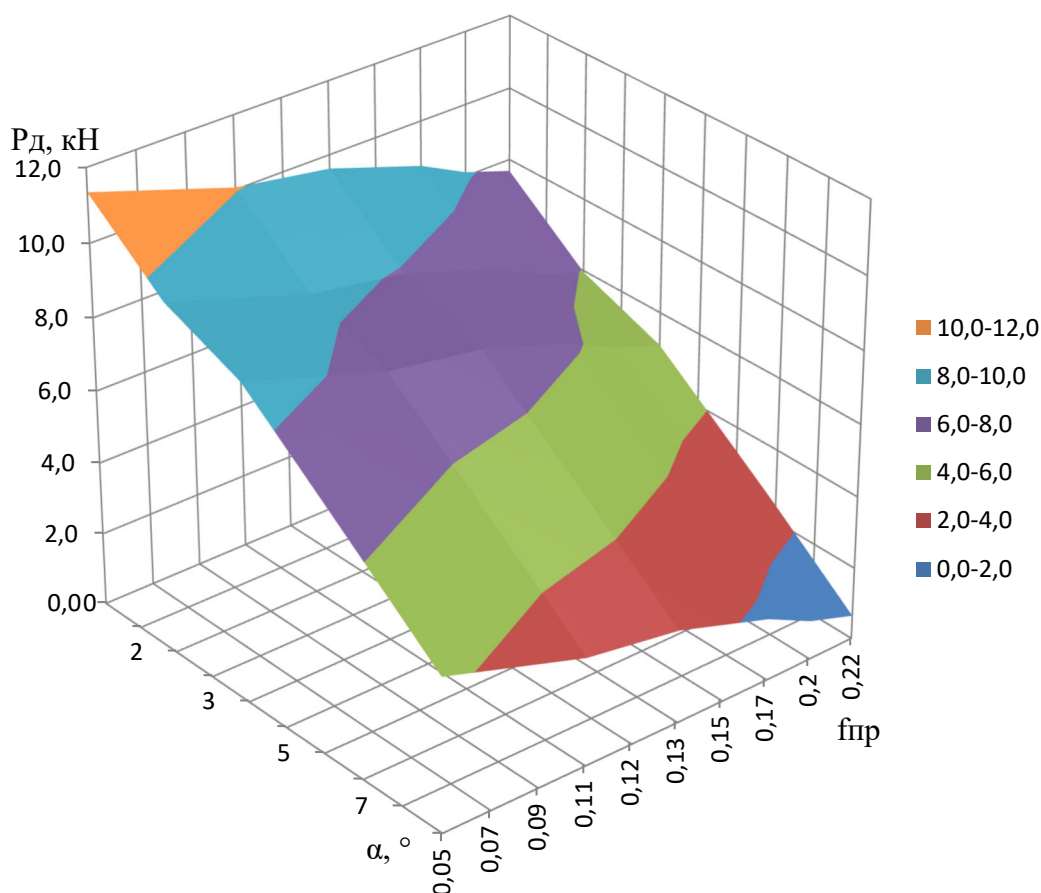


Рис. 4 – Изменение догрузки трактора МТЗ-80 со стороны прицепа 2ПТС-4 от угла склона и коэффициента сопротивления передвижению прицепа

Из рисунка 4 видно, что с увеличением коэффициента сопротивления передвижению и угла склона поля допустимая вертикальная нагрузка на гидронавеску трактора уменьшается, а для средних условий ($\bar{\alpha}=2,5^\circ$; $\bar{f}=0,12$) она будет равна 7,7 кН.

Выводы.

1. Выполнен анализ ряда технических решений, направленных на повышение тягово-сцепных свойств трактора в агрегате с прицепом, выявлены их основные недостатки и предложено ТДУ, применение которого позволит использовать крюковую силу в качестве догружающей трактор силы, что поможет снизить буксование ведущих колес трактора, а как следствие уменьшить расход топлива. Применение предложенного ТДУ позволит корректировать номинальную грузоподъемность прицепа за счет разгрузки его передней оси.

2. Анализ взаимодействия конструктивных элементов ТДУ позволил установить зависимость догружающей силы на сцепное устройство трактора как функцию крюкового усилия трактора, соотношения частей маятника, балки и угла наклона маятника к упору.

3. Для средних значений коэффициента сопротивления передвижению и угла склона поля допустимая вертикальная нагрузка на гидронавеску трактора МТЗ-80 со стороны прицепа 2ПТС-4 при номинальной его грузоподъемности 4 т составила 7,7 кН. При угле склона близком нулю и коэффициенте сопротивления передвижению прицепа 0,05, вертикальная нагрузка на гидронавеску трактора равна 11,2 кН. Согласно руководству по эксплуатации, вертикальная нагрузка на гидронавеску трактора типа МТЗ-80 не должна превышать 14 кН [13]. Полученные результаты расчета не противоречат руководству по эксплуатации трактора МТЗ-80.

Библиография

1. Бышов Н.В., Бoryчев С.Н., Успенский И.А., Рембалович Г.К., Юхин И.А., Аникин, Н.В. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники при внутривоспользованных перевозках // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 88 (04).
2. Аникин Н.В., Бышов Н.В., Успенский И.А., Юхин И.А., Анализ внутривоспользованных перевозок сельскохозяйственной продукции // Сборник статей II международной научно-производственной конференции «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса». Пенза. 2009. С. 319-322.
3. Пат. RU 2482974 C1, В 60 D 1/00 (2006.01), В 62 D 53/04 (2006.01), А 01 В 59/04 (2006.01). Автоматический корректор сцепного веса для увеличения проходимости и повышения производительности колесных тракторов при их агрегатировании с прицепами / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов. – 27.05.2013. Бюл. № 15.
4. Пат. RU 132414 U1, В 62 D 53/04 (2006.01), А 01 В 59/042 (2006/01). Вспомогательное устройство – автоматический корректор сцепного веса колесных тракторов при их агрегатировании с двухосными прицепами / С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов. – 20.09.2013. Бюл. № 6.
5. Пат. RU 2190549 C2, В 62 D 53/04. Устройство для повышения проходимости колесных тракторов при работе с двухосными прицепами / В.П. Гребнев, В.И. Панин, С.В. Хвастунов. – 10.10.2002.
6. Пат. RU 2456194 C2, В 62 D 53/04 (2006.01). Устройство для повышения проходимости колесного трактора с двухосным прицепом / В.Д. Бурдыкин. – 20.07.2012. Бюл. № 28.
7. Пат. RU 2469523 C1, А 01 В 63/00 (2006.01), В 62 D 49/08 (2006.01). Устройство для регулирования положения балластного груза на полураме трактора / В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин. – 20.12.2012. Бюл. № 35.
8. Пат. RU 2559660 C1, В62D 53/04 (2006.01), В60D 1/00 (2006.01), А01В 59/04 (2006.01). Тягово-догрузочное устройство к прицепу / Н.Ф. Скурятин, Е.В. Соловьев, А.В. Бондарев. – 10.08.2015. Бюл. № 22.
9. Скурятин Н.Ф., Соловьев Е.В., Бондарев А.В. Повышение грузоподъемности прицепного агрегата // Сельский механизатор. 2014. № 12. С. 38-39.
10. Скотников В.А., Мищенский А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. – М. : Агропромиздат, 1986. – 383 с.
11. ГОСТ 12.2.019-2005. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. – Введ. 2017 – 07 – 01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 18 с.
12. Захаржевский А.П. Совершенствование процесса высева многолетних трав под покровную культуру сошником на базе стрелчатой лапы: автореф. дис. д-ра тех. наук: 05.20.01. Воронеж, 2000. – 23 с.
13. Руководство по эксплуатации тракторов Беларус 80.1/80.2/82.1/82.2/82Р. 8-е изд. перераб и доп. – Минск, 2007. – 140 с.

References

1. Byshov N.V., Borychev S.N., Uspenskiy I.A., Rembalovich G.K., Yukhin I.A., Anikin, N.V. Povysheniye effektivnosti ekspluatatsii avtotransporta i mobil'noy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki pri vnutrikhozyaystvennykh perevozkakh [Improving the efficiency of operation of motor vehicles and mobile agricultural machinery during on-farm transportation] // Nauchnyy zhurnal KubGAU. 2013. № 88 (04).
2. Anikin N.V., Byshov N.V., Uspenskiy I.A., Yukhin I.A., Analiz vnutrikhozyaystvennykh perevozk sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Analysis of on-farm transportation of agricultural products] // Sbornik statey II mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii «Perspektivnyye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa». Penza. 2009. S. 319-322.
3. Pat. RU 2482974 C1, В 60 D 1/00 (2006.01), В 62 D 53/04 (2006.01), А 01 В 59/04 (2006.01). Avtomaticheskii korrektor stsepnogo vesa dlya uvelicheniya prokhodimosti i povysheniya proizvoditel'nosti kolesnykh traktorov pri ikh agregatirovaniy s pritsepami [Automatic clutch weight corrector to increase the cross-country ability and increase the productivity of wheeled tractors when they are aggregated with trailers] / S.V. Shchitov, Ye.Ye. Kuznetsov. – 27.05.2013. Byul. № 15.
4. Pat. RU 132414 U1, В 62 D 53/04 (2006.01), А 01 В 59/042 (2006/01). Vspomogatel'noye ustroystvo – avtomaticheskii korrektor stsepnogo vesa kolesnykh traktorov pri ikh agregatirovaniy s dvukhosnymi pritsepami [Aux-

iliary device - automatic corrector of the coupling weight of wheeled tractors when they are aggregated with two-axle trailers] / S.V. Shchitov, Ye.Ye. Kuznetsov. – 20.09.2013. Byul. № 6.

5. Pat. RU 2190549 S2, B 62 D 53/04. Ustroystvo dlya povysheniya prokhodimosti kolesnykh traktorov pri rabote s dvukhosnymi pritsepami [Device for increasing the patency of wheeled tractors when working with two-axle trailers] / V.P. Grebnev, V.I. Panin, S.V. Khvastunov. – 10.10.2002.

6. Pat. RU 2456194 S2, B 62 D 53/04 (2006.01). Ustroystvo dlya povysheniya prokhodimosti kolesnogo traktora s dvukhosnym pritsepom [Device for increasing the cross-country ability of a wheeled tractor with a two-axle trailer] / V.D. Burdykin. – 20.07.2012. Byul. № 28.

7. Pat. RU 2469523 S1, A 01 B 63/00 (2006.01), B 62 D 49/08 (2006.01). Ustroystvo dlya regulirovaniya polozheniya ballastnogo gruzha na polurame traktora [Device for adjusting the position of the ballast weight on the semi-frame of the tractor] / V.P. Grebnev, A.V. Vorokhobin. – 20.12.2012. Byul. № 35.

8. Pat. RU 2559660 S1, B62D 53/04 (2006.01), B60D 1/00 (2006.01), A01B 59/04 (2006.01). Tyagovodogruzochnoye ustroystvo k pritsep [Traction-loading device to the trailer] / N.F. Skuryatin, Ye.V. Solov'yev, A.V. Bondarev. – 10.08.2015. Byul. № 22.

9. Skuryatin N.F., Solov'yev Ye.V., Bondarev A.V. Povysheniye gruzopod'yemnosti pritsepnogo agregata // Sel'skiy mekhanizator [Increasing the carrying capacity of the trailer unit]. 2014. № 12. S. 38-39.

10. Skotnikov V.A., Mishchenskiy A.A., Solonskiy A.S. Osnovy teorii i rascheta traktora i avtomobilya [Fundamentals of the theory and calculation of the tractor and car]. – M. : Agropromizdat, 1986. – 383 s.

11. GOST 12.2.019-2005. Traktory i mashiny samokhodnyye sel'skokhozyaystvennyye. Obshchiye trebovaniya bezopasnosti [Tractors and self-propelled agricultural machines. General safety requirements]. – Vved. 2017. – 07 – 01. – M. : Standartinform, 2019. – 18 s.

12. Zakhazhevskiy A.P. Sovershenstvovaniye protsessa vyseva mnogoletnikh trav pod pokrovnuyu kul'turu soshnikom na baze strel'chatoy lapy [Improving the process of sowing perennial grasses under a cover crop with a coulter based on a lancet paw]: avtoref. dis. d-ra tekh. nauk: 05.20.01. Voronezh, 2000. – 23 s.

13. Rukovodstvo po ekspluatatsii traktorov Belarus 80.1/80.2/82.1/82.2/82R [Operating manual for tractors Belarus 80.1/80.2/82.1/82.2/82P]. 8-ye izd. pererab i dop. – Minsk, 2007. – 140 s.

Сведения об авторах

Соловьев Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+795113060276, e-mail: solovev_ev@bsaa.edu.ru

Information about authors

Soloviev Evgeniy Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the department of technical service in the agricultural sector, 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. +79511306027, e-mail: solovev_ev@bsaa.edu.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 338.436.33:316.422.44

А.В. Акинчин, С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, Т.С. Морозова

ОЦЕНКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. В результате проведённых нами исследований установлено, что в слое почвы 0-40 см при технологии No-Till токсичность почвы составила 6,8%, что в 1,5 раза ниже, чем при традиционной обработке, где она составила 9,2%. Средняя длина проростков и корешков при технологии No-Till меньше, чем при традиционной обработке. Интенсивность снижения длины проростка на 3% выше при No-Till (16,3%), а длины корешка – в 1,5 раза ниже (15,1%), чем при традиционной обработке.

Согласно полученным результатам, почва опытного участка токсичность не проявила, о чём свидетельствует длина проростков и корешков – их длина уменьшилась не более чем на 30%.

При традиционной обработке почвы биологическая активность обрабатываемого слоя (0-40 см) оценивается как средняя – 44,8%, а при No-Till данный показатель на 1,2% ниже – 43,6%. В слое почвы 0-20 см по технологии No-Till биологическая активность на 2,4% выше, чем по традиционной. Полученные данные говорят, что применение технологии No-Till на чернозёмных почвах Корочанского района не приводило к снижению микробиологической активности микроорганизмов, разрушающих целлюлозу. Таким образом отметим, что микробиологическая активность почвы была максимально выражена при использовании технологии No-Till и особенно четко данный эффект проявлялся в слое 0-20 см.

Важной экологической функцией почв является ее активное и непрерывное участие в круговороте диоксида углерода, который образуется в почвенной массе при разложении органических остатков микроорганизмами, а также за счет дыхания живых организмов, в том числе и корней высших растений. В сравнении с традиционной обработкой на участках с технологией No-Till эмиссия почвой CO₂ в середине вегетации была выше на 3,1 кг/га в сутки при абсолютном значении 28,3 кг/га в сутки, чем при традиционной обработке; к концу вегетации интенсивность снижения при No-till – 25,5%, при традиционной обработке – 18% и составило 21,3 кг/га в сутки, что на 0,7 кг/га в сутки выше, чем при традиционной обработке (20,6 кг/га в сутки).

Результаты проведенных исследований позволяют прогнозировать состояние почв агроценоза и в целом «здоровье» почвы при переходе к ресурсосберегающим технологиям производства. Следует отметить, что ресурсосберегающие технологии позволяют оптимизировать эколого-биологическое состояние пахотных почв за счёт снижения антропогенного воздействия.

Ключевые слова. Микроорганизмы, дыхание почвы, целлюлозоразрушающая способность почвы, системы земледелия, плодородие, технологии No-Till, традиционная обработка.

EVALUATION OF THE MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF CHERNOZHEM SOILS UNDER THE INFLUENCE OF AGROTECHNICAL FACTORS

Abstract. As a result of our research, it was found that in a soil layer of 0-40 cm with No-Till technology, soil toxicity was 6.8%, which is 1.5 times lower than with traditional cultivation, where it was 9.2%. The average length of seedlings and roots with No-Till technology is less than with traditional processing. The intensity of the reduction in the length of the seedling is 3% higher with No-Till (16.3%), and the length of the root is 1.5 times lower (15.1%) than with traditional processing.

According to the results obtained, the soil of the experimental plot did not show toxicity, as evidenced by the length of seedlings and roots - their length decreased by no more than 30%.

With traditional tillage, the biological activity of the treated layer (0-40 cm) is estimated as average - 44.8%, and with No-Till this indicator is 1.2% lower – 43.6%. In the soil layer of 0-20 cm, according to the No-Till technology, the biological activity is 2.4% higher than in the traditional one. The data obtained indicate that the use of No-Till technology on the chernozem soils of the Korochansky district did not lead to a decrease in the microbiological activity of microorganisms that destroy cellulose. Thus, we note that the microbiological activity of the soil was most pronounced when using the No-Till technology, and this effect was especially clearly manifested in the 0-20 cm layer.

An important ecological function of soils is its active and continuous participation in the cycle of carbon dioxide, which is formed in the soil mass during the decomposition of organic residues by microorganisms, as well as due to the respiration of living organisms, including roots higher plants. Compared to traditional tillage in No-Till plots, soil CO₂ emissions in the middle of the growing season were higher by 3.1 kg/ha per day with an absolute value of 28.3 kg/ha per day than with traditional tillage; by the end of the growing season, the intensity of reduction with No-till was 25.5%, with traditional processing – 18% and amounted to 21.3 kg/ha per day, which is 0.7 kg/ha per day higher than with traditional processing (20.6 kg/ha per day).

The results of the studies carried out will make it possible to predict the state of agrocenosis soils and, in general, the «health» of the soil during the transition to resource-saving production technologies. It should be noted that resource-saving technologies make it possible to optimize the ecological and biological state of arable soils by reducing the anthropogenic impact.

Keywords: Microorganisms, soil respiration, soil cellulose degrading capacity, farming systems, fertility, no-till technologies, conventional tillage.

Введение. Важнейшим элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур, от которого зависят факторы плодородия почв, является обработка почвы. Механическая обработка почвы, изменяя структуру и строение пахотного слоя, изменяет тепловой и водно-воздушный режим почвы, что в свою очередь оказывает влияние на микробиологическую активность и круговорот элементов питания. Живые организмы, населяющие почву, подвергаются наибольшим изменениям при воздействии на неё. На современном этапе развития земледелия все чаще в производство внедряются новые технологии возделывания сельскохозяйственных культур, основанные на ресурсосбережении и сбережении основного средства производства – почвы. Переход от вспашки к методикам прямого посева дает толчок к увеличению «естественности» почвенного профиля с нетронутыми верхними слоями, укрытыми пожнивными остатками. Технология No-till позволяет сохранить в ненарушенном состоянии слой почвы, максимально заселённый микроорганизмами и, как отмечается в ряде литературных источников, способствует повышению биологической активности [4, 5, 6, 11]. При использовании этой технологии микроорганизмы не погибают от недостатка питания, что происходит в условиях непокрытой почвы, они всегда находят органические вещества в поверхностном слое почвы. При технологии No-till создаются более благоприятные условия температуры и влажности почвы, а это с положительной стороны сказывается на агрофизических и микробиологических свойствах почвы. От активности работы почвенной микрофлоры зависит направленность биологических процессов, скорость разложения органического вещества, оструктуривание почвы, накопление элементов питания и в конечном итоге – плодородие почвы.

Материалы и методы. Исследования по изучению биологических показателей плодородия почв проводились на двух опытных полигонах, первый из которых был заложен на базе ООО «БГК Томаровка им. Васильева». В опыте изучались две системы обработки почвы: 1. традиционная (на основе вспашки), 2. No-till (без обработки почвы).

Второй полигон находился в Корочанском районе, где исследования проводились на 10 реперных участках, 5 из которых находились на полях хозяйства «Мясные фермы «Искра»», применяющего технологию No-Till, другие 5 участков – находились на близлежащих полях ООО «Агрохолдинг Корочанский», холдинга «Русагро» и ИП Анисимова. В этих сельскохозяйственных предприятиях применяются различные по интенсивности технологии выращивания сельскохозяйственных культур, предусматривающие обработку почвы.

Одним из основных земных факторов жизни растений является вода. Растения в ходе своей жизнедеятельности затрачивают достаточно большое количество воды на создание одной весовой части сухого вещества урожая. при этом только малая ее часть идет на создание урожая, все остальное количество испаряется. Влага необходима для прорастания семян, без нее невозможны дальнейший рост и развитие растения. С водой в растение из почвы поступают питательные вещества, испарение воды листьями обеспечивает нормальные температурные условия жизнедеятельности растения.

Вода – обязательное условие почвообразования и формирования почвенного плодородия. Без нее невозможно развитие почвенной фауны и микрофлоры. Юго-западная часть ЦЧЗ расположена в зоне неустойчивого увлажнения, и наличие влаги в почве является одним из основных факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур.

Результаты и обсуждение. В наших исследованиях имелись некоторые различия по запасам продуктивной влаги в метровом слое почвы под влиянием систем обработки почвы (табл. 1).

Таблица 1 – Запасы продуктивной влаги в зависимости от применяемых систем земледелия в среднем за 2020-2021 гг, мм (Корочанский р-н)

Слой почвы, см	Системы обработки почвы	
	No-till	Традиционная
0-10	11,8	9,8
10-20	15,5	10,8
Итого 0-20	24,1	20,6
20-30	17,2	12,4
30-50	35,5	29,9
50-70	38,0	33,7
70-100	56,7	42,6
Итого 0-100	174,7	139,2

Анализ запасов продуктивной влаги показал, что в верхнем слое почвы (0-20 см) они оцениваются как удовлетворительные (24,1 мм) – необрабатываемой почвы, и (20,6 мм) – на обрабатываемой почве. Разница в запасах влаги пахотного слоя между системами обработки не существенна всего 3,5 мм. Однако в метровом слое почвы разница между системами обработки составила 35,5 мм (при No-till – 174,7 мм, оценивается как очень хорошие; и при традиционной – 139,2 мм, оцениваются как хорошие).

Таким образом, применение технологии No-till на чернозёмных почвах Корочанского района приводило к улучшению водного режима почв.

Живые организмы – обязательный компонент почвы. Активность почвенных микроорганизмов зависит от наличия в почве органического вещества, как основного источника элементов питания и энергии, при благоприятном сочетании температуры, влажности и плотности. С глубиной численность микронаселения снижается и причиной этому является ухудшение водно-воздушного режима, аккумуляции токсичных веществ и продуктов неполного распада растительных остатков.

Рациональное использование земельных ресурсов и оценка их качественной составляющей должны учитывать результаты микробиологического мониторинга, который заключается в непрерывном процессе наблюдения и регистрации параметров изучаемого объекта в сравнении с установленными критериями. Этот вид мониторинга направлен на определение реакции отдельных почвенных микроорганизмов на воздействие внешних факторов.

При переходе на биологическое земледелие с производством продукции с улучшенными потребительскими качествами (органическая продукция) значимость микробиологического мониторинга почвы усиливается.

Объект исследований: почва, энтомофауна, микрофлора и человек.

Микробиологическая активность почвы бала определена традиционными методами [1].

Комплексным показателем биологической активности почвы служит целлюлозолитическая активность – интенсивность разложения клетчатки показывает общую направленность микробиологических процессов в почве, что позволяет оценить влияние различных агротехнических приемов на плодородие почвы и служит характеристикой экологического состояния изучаемой территории.

В наших исследованиях повышение токсичности почвы может быть связано с применением минеральных удобрений и химических средств защиты растений в результате сельскохозяйственной деятельности (табл.2).

Таблица 2 – Токсичность почвы в зависимости от применяемых систем земледелия в среднем за 2020-2021 гг. (Корочанский р-н)

Вариант	Слой почвы, см	Количество проростков, шт	Длина проростка			Длина корешка			Токсичность, %
			см	+-, см	%	см	+-, см	%	
контроль		25	15,7			10,2			
No-till	0-20	21	14,1	-1,6	10,1	8,7	-1,5	14,7	16
	20-40	22	12,8	-2,9	18,5	9,6	-0,6	5,9	12
	0-40	21,5	13,5	-2,2	14,0	9,2	-1,0	9,8	14
Традиционная обработка	0-20	22	14,5	-1,2	7,6	8,3	-1,9	18,6	12
	20-40	21	12,8	-2,9	18,5	9,1	-1,1	10,8	16
	0-40	21,5	13,7	-2,0	12,7	8,7	-1,5	14,7	14

Мы анализировали токсичность почвы при помощи тест-растений. За вариант сравнения (контрольный вариант) принят чистый субстрат, смоченный водой, в остальных вариантах в качестве субстрата использовалась почва. По каждому варианту было высеяно 25 семян тест-растений (озимая пшеница).

Полученные на контрольном варианте результаты принимались за 100%, с ними сравнивали остальные варианты опытов. Анализировалось 25 семян: взошли 25, средняя длина проростков 15,7 см, средняя длина корешков 10,2 см.

Проанализировав данные, полученные по десяти реперным участкам, можно сделать вывод, что при технологии No-Till наибольшая токсичность почвы отмечалась в слое 0-20 см – 16%, а в слое 20-40 см на 4% ниже – 12%. При традиционной обработке наибольшая токсичность отмечена напротив в слое почвы 20-40 см – 16%, а верхнем слое она на 4% ниже.

Наибольшее снижение длины проростка наблюдается в слое 20-40 см 18,5% и при No-till и при традиционной обработке, в слое 0-20 см приблизительно в 2 раза ниже – 10,1% и 7,6%. В среднем в слое 0-40 см интенсивность снижения длины проростка незначительная 14% при No-till и 12,7% при традиционной обработке.

Длина корешка в большей степени угнетается в слое почвы 0-20 см – 14,7% и 18,6% при No-till и традиционной обработке соответственно. В слое 20-40 см снижение длины корешка в 2 раза меньше при традиционной обработке (10,8%) и в 2,5 раза – при No-Till (5,8%).

В целом по опыту почва была не токсична и не зависела от систем обработки почвы и в слое почвы 0-40 см составила 14%. Угнетение длины проростка и корешков не существенное, т.е. не превышала 30%.

Ранее Т.С. Морозовой и соавторами была дана сравнительная оценка токсичности почв различных ценозов – естественных угодий и агроценоза. Авторы отмечают «максимальный процент ингибирования роста зародышевых корешков семян озимой пшеницы оказалась почвы участка, подверженного техногенному загрязнению, где он составил 72%, затем почва участка с постоянным применением средств химизации – 24% и минимальный процент ингибирования отмечен на почве естественного ценоза (вариант № 1), где он составил 8%.

Определён класс токсичности исследуемой почвы: на участке № 1 – средняя токсичность, на участке № 2 отмечена сильная токсичность, на участке № 3 – слабая токсичность.

Анализ параметров корневой системы показал, что чем выше токсическая нагрузка, тем слабее развивается корневая система.

В целом, по усилению степени негативного проявления, почвы обследуемых участков можно поставить в следующий ряд: почва естественного ценоза < почва агроценоза < почва естественного ценоза, подверженного техногенной нагрузке» [9].

На рисунке 1 приведены результаты проявления фитотоксичности, по интенсивности нарастания проростков озимой пшеницы и росту корней.

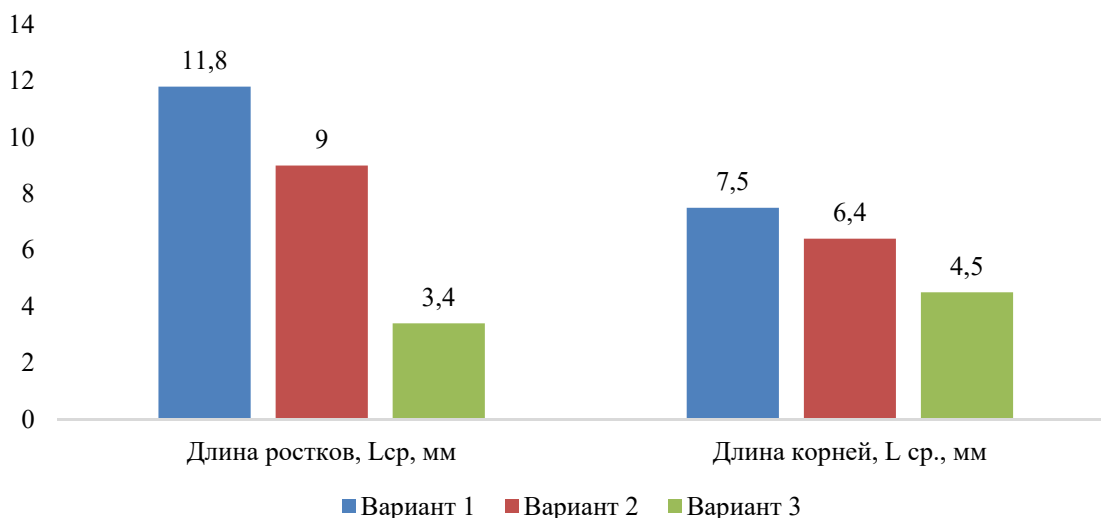


Рис. 1 – Морфологические показатели средней длины ростков и корней, выращенных на различных образцах почвы (вариант № 1 – почва вблизи леса, вариант № 2 – почва пашни, вариант № 3 – почва пустыря)

Анализ представленных данных показывает, что почва естественных угодий наиболее благоприятна для прорастания и роста культурных растений (на примере озимой пшеницы), а почва, подверженная антропогенному воздействию ингибирует рост растений, что проявляется в уменьшении длины ростков и корней. Таким образом, чем выше токсическая нагрузка, тем слабее развивается корневая система. На варианте № 3 средняя длина ростков растений в 3,5 раза меньше, чем растений варианта № 1, а длина корней меньше в 1,7 раза.

По изменению длины корешков озимой пшеницы, выращенных на исследуемых почвах по отношению к контролю, была рассчитана степень токсичности (рис.2).

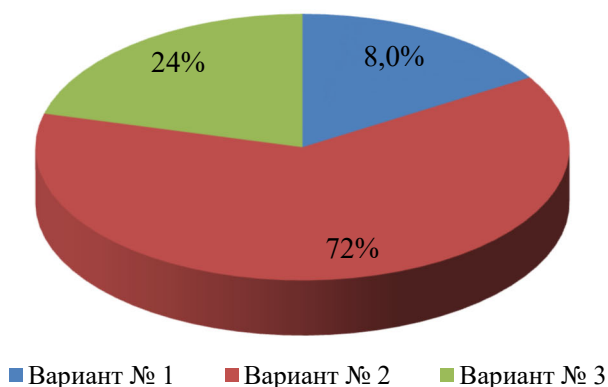


Рис. 2 – Фитотоксичность почвы (вариант № 1 – почва вблизи леса, вариант № 2 – почва пустыря, вариант № 3 – почва пашни)

Из приведенных данных на рис. 2 можно сделать вывод, что большей токсичностью обладает почва пустыря (72%) и согласно шкале токсичности оценивается как очень сильно токсичная. Почва, отобранная вблизи леса, т.е. не испытывающая антропогенного воздействия, фитотоксический эффект не проявила, и он составил 8,0%, а почва пашни проявила слабую фитотоксичность – 24%, что может обусловлено аккумуляцией в почве химических веществ, поступающих с удобрениями и средствами защиты растений.

Анализ полученных данных позволил авторам сделать вывод «содержание в почве загрязняющих веществ оказывает прямое воздействие на морфологические признаки растений

озимой пшеницы, при замерах высоты надземной и подземной части растений наблюдались следующие зависимости: с увеличением токсичности почвы высота побегов и длина корней уменьшались.

Анализ проявления токсичности почвы по нарастанию корешков показал, что почва, отобранная вблизи леса, т.е. не испытывающая антропогенное воздействие, фитотоксический эффект не проявляет, почва пашни имеет слабую фитотоксичность, а загрязнённая почва пустыря проявила очень сильную токсичность» [9].

Повышая почвенное плодородие можно существенно повысить производительность сельского хозяйства. Однако одним из основных условий успешного ведения экологического земледелия является обеспечение высокой биологической активности почвы. Только в таком случае органические вещества, попадающие в почву, в полной мере используются.

В своих работах Л.Н. Кузнецова и соавторы отмечают «почвенная микрофлора находится в достаточно стабильном состоянии, но ее численность может резко меняться при проведении агротехнических мероприятий и обогащении почвы органическим веществом. Основным фактором, определяющим деятельность почвенных микроорганизмов, являются растения, которые в течение вегетации выделениями корневой системы влияют на почвенную микрофлору, а по завершении вегетации посредством отмерших корней и пожнивных остатков» [2-4].

Показатели биологической активности (количество, состав и биомасса микроорганизмов) позволяют охарактеризовать плодородие почвы.

Биологическая активность почвы обычно определяется активностью микроорганизмов, населяющих почву. Показателем общей биологической активности непосредственно в природе является активность микроорганизмов, разрушающих целлюлозу [5, 10, 11]. Целлюлоза (клетчатка) является наиболее распространенным полисахаридом растительного мира, высшие растения состоят на 15-50% из целлюлозы. Он содержит более 50% всего органического углерода [6, 7, 8].

Будучи очень устойчивой к действию физико-химических факторов, целлюлоза легко разлагается микроорганизмами с выделением углерода, который в виде различных соединений участвует в создании плодородия почвы. Целлюлоза разлагается аэробными микроорганизмами (бактериями и грибами) и анаэробными мезофильными и термофильными бактериями. Большинство микроорганизмов, разлагающих целлюлозу, характеризуются высокой специфичностью по отношению к этому веществу.

В условиях кислой реакции почвенного раствора целлюлоза разрушается в основном грибами и, в небольшой степени, актиномицетами, в условиях нейтральной реакции среды – грибами, актиномицетами и бактериями. Особенностью микроорганизмов, разлагающих целлюлозу, является их высокая потребность в азотных источниках питания, которые выступают основными поставщиками органических веществ для разнообразных групп микроорганизмов (в том числе азотфиксирующих), связанных общей пищевой цепью. Поскольку активность микроорганизмов, разрушающих целлюлозу, зависит и от обеспеченности подвижным фосфором и другими питательными элементами в почве, можно считать, что степень разложения волокна отражает направление протекания микробиологических процессов в целом.

Таблица 3 – Биологическая активность почвы при различных системах земледелия в среднем за 2020-2021 гг. (Корочанский р-н)

Вариант	Слой почвы, см	Интенсивность разложения целлюлозы, %
No-Till	0-20	65,4
	20-40	32,7
	0-40	49,1
Традиционная обработка	0-20	58,8
	20-40	33,7
	0-40	46,2

Анализируя данные таблицы 3 по биологической активности почвы, можно сделать вывод, что при применении технологии No-till наблюдается более резкая дифференциация по слоям, так в верхнем слое почвы – 65,4%, в слое почвы 20-40 см в 2 раза ниже – 32,7%. При традиционной обработке в верхнем слое почвы 0-20 см активность целлюлозоразрушающей микрофлоры также выше – 58,8%, с глубиной идет менее резкое снижение в 1,7 раз – 33,7%. В слое почвы 0-40 см биологическая активность средняя – 49,1% при No-till и незначительно ниже при традиционной обработке – 46,2% (-2,9%), и в верхнем слое почвы при No-till разложение целлюлозы интенсивнее на 6,6% выше.

Таблица 4 – Биологическая активность почвы при различных системах земледелия, в среднем за 3 года (ООО «БГК Томаровка им. Васильева»)

Глубина слоя, см	Вариант опыта			
	начало вегетации		конец вегетации	
	No-Till	Традиционная	No-Till	Традиционная
0-10	25,00	18,90	24,09	22,31
10-20	21,90	14,70	22,20	19,12
20-30	15,90	14,72	15,13	13,78
0-30	20,93	16,11	20,47	18,40

Результаты исследований показали, что наиболее интенсивная микробиологическая активность почвы наблюдалась на всех вариантах опыта в слое 0-10 см, это объясняется тем, что основная масса органического вещества находится в этом слое, а также в нем лучшая аэрация (целлюлозоразлагающие бактерии являются аэробами). Так, в начале вегетации кукурузы на зерно в слое 0-10 см биологическая активность почвы на 3-4% выше, чем в слое 10-20 см, а в слое 20-30 см наблюдается более резкая дифференциация при No-till – снижение составляет 10%, при традиционной обработке – 4% (таблица 4).

К концу вегетации кукурузы на зерно в слое 0-10 см биологическая активность почвы на 2% при No-Till и на 3% при выше, чем в слое 10-20 см, а в слое 20-30 см интенсивность снижается в 3 раза (9%), и при No-till, и при традиционной обработке.

В среднем в пахотном слое почвы наибольшая активность целлюлозобактерий отмечена при No-Till – 20,93%, что приблизительно на 5% выше, чем при традиционной обработке в начале вегетации, и 20,47% при No-Till в конце вегетации, что на 2%, выше, чем при традиционной обработке.

Таким образом, применение технологии No-till на чернозёмных почвах Корочанского района немного увеличивает (на 3%) микробиологическую активности микроорганизмов, разрушающих целлюлозу. В ООО «БГК Томаровка им. Васильева» наиболее интенсивная микробиологическая активность почвы наблюдалась на вариантах с No-till, особенно четко это прослеживалось в слое 0-10 см.

Четким и выразительным показателем, указывающим на изменение почвенной биологической активности в сезонной динамике или под влиянием техногенных воздействий является интенсивность дыхания. Почвенное дыхание – это сложное, многофункциональное природное явление, проявляющееся в процессах газообмена между основными компонентами биосферы, почвообразования, трансформации геологических пород, трансформации энергии, запасенной в органическом веществе почвы и биомассе почвенных организмов. Чисто практический интерес к дыханию почвы возникает как к показателю, характеризующему в некоторой степени биологическую активность почвы. Одним из самых ценных ресурсов является почвенный углерод.

Дыхание почвы в опыте определялось методом Л.О. Карпачевского – модифицированный метод Штатнова и представлены в таблице 5.

Проанализировав данные десяти участков Корочанского района по «дыханию» почвы, можно сделать вывод, что при применении технологии No-till эмиссия почвой CO₂ выше, чем при традиционной обработке, так в середине вегетации на 3,1 кг/га в сутки и составило – 28,3 кг/га в сутки.

Таблица 5 – Дыхание почвы при различных системах земледелия в среднем за 2020-2021 гг (Корочанский р-н), кг/га в сутки

Вариант	15.07.21	14.09.21	Интенсивность снижения	
			кг/га в сутки	%
No-till	28,3	21,3	-7,0	25
Традиционная	25,2	20,6	-4,6	18

К концу вегетации интенсивность снижения при No-till – 25%, при традиционной обработке – 18% и составило 21,3 кг/га в сутки, что на 7 кг/га в сутки выше, чем при традиционной обработке (20,6 кг/га в сутки).

Таблица 6 – Дыхание почвы при различных системах земледелия, в среднем за 3 года (ООО «БГК Томаровка им. Васильева»)

Вариант	Посев	Середина вегетации кукурузы	Интенсивность снижения	
			кг/га в сутки	%
No-till	29,7	45,8	+16,1	35
Традиционная	37,08	37,08	-	-

Анализируя данные таблицы 6 в ООО «БГК Томаровка им. Васильева», мы видим, что складывается несколько иная картина, нежели в Корочанском районе. В начале вегетации кукурузы на зерно эмиссия почвой CO₂ выше при традиционной обработке – 37,08 кг/га в сутки, что на 7,3 кг/га в сутки больше, чем при No-till. К середине вегетации дыхание почвы по No-till увеличивается в 1,5 раз (45,8 кг/га в сутки), а по традиционной остается без изменения. Интенсивность увеличения выделения CO₂ по No-till составила 16,1 кг/га в сутки или 35%.

Таким образом, по результатам исследования в Корочанском районе и в ООО «БГК Томаровка им. Васильева» наибольшие показатели эмиссии почвой CO₂ отмечены в середине вегетации по No-till.

Микрофлора почвы обычно находится в стабильном состоянии, но ее численность меняется в зависимости от попадания и распределения в почве источников органического вещества, от агротехнических приемов и от возделываемых сельскохозяйственных культур. Как известно, растение является основным фактором, определяющим развитие микроорганизмов в почве. В период вегетации растения оказывают влияние на микрофлору почвы своими корневыми выделениями, после окончания вегетационного периода – через отмершие корни и пожнивные остатки.

Что касается изменения микробиологических показателей «здоровья» почв в различных системах земледелия, то общее количество бактерий в среднем в слое 0-20 см по системе No-till составило $3,8 \times 10^7$ г, по традиционной обработке в этом же слое данный показатель был ниже на 1×10^7 г. В слое 20-40 см общее количество бактерий было меньше, чем в слое 0-20 см по всем изучаемым системам земледелия (таблица 7).

Таблица 7 – Состав почвенной микрофлоры при различных системах земледелия в среднем за 2020-2021 гг (Корочанский р-н), кг/га в сутки

Слой почвы, см	Агрофон	Показатели			
		ОМЧ (общее количество бактерий), КОЕ/г	Микроорганизмы, участвующие в минерализации гумусовых веществ, КОЕ/г	Азотфиксирующие микроорганизмы, %	Патогенные бактерии, клеток/г
0-20	No-Till	$3,8 \times 10^7$	$3,1 \times 10^5$	15	не обнаружены
20-40		$5,1 \times 10^6$	$3,1 \times 10^4$	17	не обнаружены
0-40		$4,5 \times 10^7$	$3,1 \times 10^5$	16	не обнаружены
0-20	Традиционная обработка	$2,8 \times 10^7$	$2,8 \times 10^4$	20	не обнаружены
20-40		4×10^6	$2,8 \times 10^4$	16	не обнаружены
0-40		$3,4 \times 10^7$	$2,8 \times 10^4$	18	не обнаружены

Количество микроорганизмов, участвующих в минерализации гумуса, в слое 0-20 см было значительно выше при системе No-Till – $3,1 \times 10^5$ г против $2,8 \times 10^4$ г при традиционной обработке. Данная закономерность характерна и в целом для слоя 0-40 см.

Важную роль в закреплении азота атмосферного воздуха играет наличие в почве азотфиксирующих бактерий. Данный показатель как по отдельным горизонтам, так и в целом в слое 0-40 см был выше при традиционной обработке. Так в слое 0-20 по системе No-Till содержалось 15% бактерий, а при традиционной обработке – 20%. В слое 0-40 соответственно 16 и 18%.

Как показали результаты лабораторных исследований, на всех вариантах опыта патогенных бактерий обнаружено не было.

Заключение. Таким образом, по численности изучаемых групп микроорганизмов наибольшие показатели отмечены при No-Till, за исключением азотфиксирующих бактерий, этот показатель при No-Till был незначительно ниже (2%).

В целом результаты наших исследований говорят о том, что при переходе на технологию No-till не происходит снижения биологических показателей плодородия почвы, а по многим показателям микробиологическая активность почвы по сравнению с традиционной обработкой почвы увеличивается. Несмотря на применяемые системы земледелия и высокую степень интенсификации технологических процессов в хозяйствах, почвенный покров можно считать «Здоровым».

Библиография

1. Казеев К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. – Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
2. Кузнецова Л.Н. Целлюлозоразрушающая способность микроорганизмов при «нулевой» технологии / Л.Н. Кузнецова // Вестник Курской государственной с.-х. академии. – Курск, 2014. – № 7. – С. 49-51.
3. Кузнецова Л.Н. Комплекс агроприемов как фактор почвенного плодородия. Монография / Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин. – Белгород, 2014. – 136 с.
4. Кузнецова Л.Н. Биологическая активность чернозема типичного в зависимости от способа обработки / Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев, А.Г. Ступаков // Сахарная свекла. – 2016. – № 1. – С. 36-41.
5. Кузнецова. Л.Н. Микробиологические и агрофизические показатели плодородия почвы в посевах белладонны / Л.Н. Кузнецова, С.А. Линков, И.В. Кулишова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 4 (24). – С. 202-211.
6. Линков С.А. Изменение плодородия почвы в зависимости от факторов интенсификации земледелия: монография / С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин, А.В. Ширяев – Белгород : Изд-во Белгородского ГАУ, 2016. – 197 с., ил.
7. Линков С.А. Влияние сидеральных культур и способов их заделки на микробиологическую активность почвы и урожайность подсолнечника и кукурузы на зерно / С.А. Линков, А.В. Акинчин, А.С. Закараев, А.С. Федоров // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 9. – С. 36-38.
8. Лицуков С.Д. Изменение показателей плодородия чернозема типичного и урожайности подсолнечника в зависимости от способа заделки сидератов / С.Д. Лицуков, А.И. Титовская, Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев // В книге: Опыт освоения ландшафтных систем земледелия. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2014. С. 52-55.
9. Морозова Т.С. Агроэкологические оценка фитотоксичности почв естественных ценозов и агроценоза / Морозова Т.С., Ширяев А.В., Тимофеев Т.А. // Инновации в АПК: Проблемы и перспективы. – 2020. – № 2 (26). – С. 185-189.
10. Морозова Т.С. Влияние различных агротехнологий на нитрификационную способность почвы / Т.С. Морозова, А.В. Ширяев, Е.Ю. Колесниченко // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК. Сборник докладов национальной конференции. Белгород, 30 ноября 2020 г. / ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. – Белгород : Типография Белгородского ГАУ, 2020. – С. 47-48.
11. Ширяев А.В. Биологические показатели плодородия почвы в посевах эхинацеи пурпурной / А.В. Ширяев, Л.Н. Кузнецова // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК. Сб. докладов национальной конференции. Белгород 30 ноября 2020 г. ФГБОУ ВО БелГАУ имени В. Я. Горина. – Белгород : типография Белгородского ГАУ, 2020. – С. 13-15.

References

1. Kazeev K.Sh. Biological diagnostics and indication of soils: methodology and research methods / Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. – Rostov n/A : Publishing House of the Russian State University, 2003. – 216 p.
2. Kuznetsova L.N. Cellulose-destroying ability of microorganisms with «zero» technology / L.N. Kuznetsova // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – Kursk, 2014. – № 7. – Pp. 49-51.

3. Kuznetsova L.N. The complex of agricultural practices as a factor of soil fertility. Monograph / L.N. Kuznetsova, A.V. Akinchin. – Belgorod, 2014. – 136 p.
4. Kuznetsova L.N. Biological activity of typical chernozem depending on the processing method / L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev, A.G. Stupakov // Sugar beet. – 2016. – № 1. – Pp. 36-41.
5. Kuznetsova, L.N. Microbiological and agrophysical indicators of soil fertility in belladonna crops / L.N. Kuznetsova, S.A. Linkov, I.V. Kulishova // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2019. – № 4 (24). – Pp. 202-211.
6. Linkov S.A. Changes in soil fertility depending on factors of intensification of agriculture: monograph / S.A. Linkov, L.N. Kuznetsova, A.V. Akinchin, A.V. Shiryayev – Belgorod : Publishing House of Belgorod State Agrarian University, 2016. – 197 p., ill.
7. Linkov S.A. The influence of sideral crops and methods of their embedding on the microbiological activity of the soil and the yield of sunflower and corn for grain / S.A. Linkov, A.V. Akinchin, A.S. Zakaraev, A.S. Fedorov // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2014. – № 9. – Pp. 36-38.
8. Litsukov S.D. Changes in the fertility indicators of typical chernozem and sunflower yield depending on the method of seeding siderates / S.D. Litsukov, A.I. Titovskaya, L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev // In the book: Experience in the development of landscape systems of agriculture. Materials of the All-Russian Scientific and practical Conference. 2014. Pp. 52-55.
9. Morozova T.S. Agroecological assessment of phytotoxicity of soils of natural cenoses and agrocenosis / Morozova T.S., Shiryayev A.V., Timofeev T.A. // Innovations in agriculture: Problems and prospects. – 2020. – № 2 (26). – Pp. 185-189.
10. Morozova T.S. The influence of various agrotechnologies on the nitrification capacity of the soil / T.S. Morozova, A.V. Shiryayev, E.Yu. Kolesnichenko // Agrarian science in the conditions of innovative development of agriculture. Collection of reports of the national conference. Belgorod, November 30, 2020 / Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin. –Belgorod : Printing House of the Belgorod State Agrarian University, 2020. – Pp. 47-48.
11. Shiryayev A.V. Biological indicators of soil fertility in crops of *echinacea purpurea* / A.V. Shiryayev, L.N. Kuznetsova // Agrarian science in the conditions of innovative development of agriculture. Collection of reports of the national conference. Belgorod on November 30, 2020, V.Ya. Gorin BelGAU. – Belgorod : Printing House of the Belgorod State Agrarian University, 2020. – Pp. 13-15.

Сведения об авторах

Акинчин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. E-mail: Akinchin_AV@bsaa.edu.ru, телефон 8(4722) 39-26-68.

Линков Сергей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. E-mail: linkovserg@yandex.ru, телефон 8(4722) 39-26-68.

Кузнецова Лариса Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. E-mail: Kuznecova_LN@bsaa.edu.ru, телефон 8(4722) 39-26-68.

Морозова Тамара Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503. E-mail: Morozova_TS@bsaa.edu.ru, телефон 8(4722) 39-26-68.

Information about authors

Akinchin Alexander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 1 Vavilova str., Maysky village, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503. E-mail: Akinchin_AV@bsaa.edu.ru, tel. 8(4722) 39-26-68.

Linkov Sergey Alexandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 1 Vavilova str., Maysky village, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503. E-mail: linkovserg@yandex.ru, tel. 8(4722) 39-26-68.

Kuznetsova Larisa Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 1 Vavilova str., Maysky village, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503. E-mail: Kuznecova_LN@bsaa.edu.ru, tel. 8(4722) 39-26-68.

Tamara Sergeevna Morozova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, V.Ya. Gorin Belgorod State Agrarian University, 1 Vavilova str., Maysky village, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503. E-mail: Morozova_TS@bsaa.edu.ru, tel. 8(4722) 39-26-68.

УДК 633.34:631.524.5:631.86

В.И. Желтухина, С.И. Панин, Л.А. Манохина

МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ПОДСТИЛОЧНОГО КУРИНОГО ПОМЕТА

Аннотация. Для обеспечения экологически благоприятной окружающей среды вблизи предприятий производства птицеводческой продукции и уменьшения воздействия отходов в виде птичьего помета на компоненты природы необходимы научные исследования в этой области, которые способны расширить возможности безотходного производства в птицеводческой отрасли, исключая вредные воздействия на территории вблизи птицефабрик, а также разработать новые принципы экологического нормирования. Изучение использования птичьего помета в качестве органического удобрения для повышения плодородия земель сельскохозяйственного назначения и влияние внесения разных доз подстилочного куриного помета на морфометрические показатели растений имеет особую актуальность.

Проведенный нами морфометрический анализ сои при разных уровнях обеспеченности растений органическим удобрением в виде подстилочного куриного помета показал, что оптимальной дозой удобрений является 15 т/га. Метрические данные вегетативных и генеративных органов растений третьего варианта (15 т/га) были явно выше по сравнению как с контролем, так и по отношению к другим опытным группам.

Аллометрические данные, которые оценивают соотношение в развитии разных частей растений, также подтверждают сделанный вывод об оптимальности условий для продукционного процесса в третьем варианте опыта. Низкая доза удобрений (5 т/га) или их отсутствие вызывает изменение виталитета растений, который характеризует приоритет выживания в неблагоприятных условиях над репродукцией. Проанализировав флуктуирующую асимметрию листьев сои, нами было установлено, что интенсификация процесса роста и развития растений в третьем варианте опыта сопровождалась более выраженным нарушением симметричности вегетативных структур.

Ключевые слова: подстилочный куриный помет, соя, метрические показатели, аллометрические показатели.

MORPHOSTRUCTURAL CHARACTERISTICS OF SOYBEANS DEPENDING ON THE INTRODUCTION OF VARIOUS DOSES OF LITTER CHICKEN MANURE INTO THE SOIL

Abstract. To ensure an environmentally friendly environment near poultry production enterprises and to reduce the impact of waste in the form of bird droppings on the components of nature, scientific research in this area is needed, which can expand the possibilities of waste-free production in the poultry industry, excluding harmful effects on the territory near poultry farms, as well as develop new principles of environmental rationing. The study of the use of poultry manure as an organic fertilizer to increase the fertility of agricultural land and the effect of applying different doses of litter chicken manure on morphometric indicators of plants is of particular relevance.

Our morphometric analysis of soybeans at different levels of plant availability with organic fertilizer in the form of litter chicken manure showed that the optimal dose of fertilizers is 15 t/ha. Metric data of vegetative and generative organs of plants of the third variant (15 t/ha) were clearly higher in comparison with both the control and in relation to other experimental groups.

Allometric data that assess the ratio in the development of different parts of plants also confirm the conclusion that the conditions for the production process are optimal in the third version of the experiment. A low dose of fertilizers (5 t/ha) or their absence causes a change in the vitality of plants, which characterizes the priority of survival in adverse conditions over reproduction. After analyzing the fluctuating asymmetry of soybean leaves, we found that the intensification of the process of plant growth and development in the third version of the experiment was accompanied by a more pronounced violation of the symmetry of vegetative structures.

Keywords: litter chicken manure, soy, metric indicators, allometric indicators.

Введение. Накопление отходов птицеводства является острой экологической проблемой для регионов России с интенсивно развивающейся отраслью производства мяса птицы и яйца. Проблема предотвращения накопления птичьего помета вблизи птицефабрик, утилизация каждого вида отходов, а также сохранение экологического благополучия окружающей среды требует детального анализа и научной проработки в данной сфере [1]. Научные исследования в этой области помогут расширить возможности безотходного производства в пти-

цеводческой отрасли, исключаящее вредное воздействия на параметры окружающей среды, а также разработать новые принципы экологического нормирования [2].

В настоящее время во многих регионах нашей страны, технологии подготовки и использования птичьего помета в качестве органического удобрения для повышения плодородия земель сельскохозяйственного назначения разработаны слабо. Также существует экологическая проблема несанкционированных хранилищ отходов птицеводства, что может привести к ухудшению экологической обстановки на близлежащих территориях [3].

Актуальной является проблема сохранения и воспроизводства плодородия почв. Постоянное техногенное воздействие человека при использовании земель нарушает оптимальные параметры свойств почвы уменьшаются запасы гумуса, подкисляется почвенная среда, ухудшаются физические, биологические и фитосанитарные свойства. Снижение уровня плодородия также связано с формированием урожаев сельскохозяйственных культур в большинстве случаев без удобрений, за счет почвенных ресурсов [4].

Резкое возрастание цен на минеральные удобрения в связи с удорожанием сырьевых и энергетических ресурсов, проблема накопления нитратов в сельскохозяйственной продукции заставляет специалистов агропромышленного комплекса искать пути использования альтернативных источников элементов питания для растений [5].

В связи с этим усиливается внимание к органическим удобрениям, как к одному из важнейших резервов повышения плодородия почв и улучшения питания растений.

Цель исследования – анализ морфометрических показателей стабильности развития популяции сои при различных уровнях обеспеченности органическим удобрением.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи: определить уровень стабильности развития сои на основе анализа морфометрических параметров в зависимости от уровня обеспеченности почвы органическим удобрением, установить зависимость между метрическими показателями вегетативных и генеративных органов сои и величиной внесенной дозы органических удобрений, установить взаимосвязь между соотношениями в развитии разных частей растений, используя аллометрические показатели, и количеством внесенного в почву птичьего помета, определить уровень стабильности развития сои на основе анализа флуктуирующей асимметрии листьев.

Условия, материалы и методы. Объектом исследования являлась соя сорт «Ланцетная». Опыт по изучению влияния различных доз птичьего помета на морфофункциональные параметры сои проводился по схеме, предусматривающей следующие варианты внесения доз птичьего помета:

1. Контроль (без применения удобрений).
2. Птичий помет 5 т/га.
3. Птичий помет 10 т/га.
4. Птичий помет 15 т/га.

В качестве органического удобрения в опыте использовался птичий помет, поставляемый птицефабрикой «Яснозоренская».

Для анализа были взяты выборки из 10 растений с каждой делянки в середине июля. Площадь делянки 16 м².

Морфофункциональное состояние сои оценивали по двум группам признаков метрических и аллометрических, характеризующих развитие надземных вегетативных и генеративных органов. К метрическим относятся: высота растения, число метамеров, число листовых пластинок, общая площадь листовой поверхности, средняя площадь листовой пластинки, масса растения, масса листьев, число плодов, масса плодов, масса корней. К аллометрическим относятся: относительная площадь листьев, отношение площади листьев к их массе, фотосинтетическое усилие, репродуктивное усилие I, репродуктивное усилие II.

Площадь листьев определяли весовым методом. Относительная площадь листьев представляет собой отношение площади листьев к массе растения, а фотосинтетическое усилие – отношение массы листьев к массе растения. Репродуктивное усилие I – это отношение

массы плодов к массе растения, репродуктивное усилие Π – отношение массы плодов к площади листьев.

Фитоиндикационные свойства сои изучали на основе флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. Использование в качестве объекта исследования листовой пластинки обосновывается большой экологической чувствительностью этого органа. Из тройчатосложного листа каждого растения выбирали центральную листовую пластинку.

Для оценки стабильности развития сои, были использованы следующие морфологические признаки листьев:

1. Ширина левой и правой половинок листа.
2. Длина хорды жилок первого порядка.
3. Длина листовой пластинки.
4. Расстояние между жилками первого порядка.
5. Число симметричных листьев по признаку отхождения жилок первого порядка из одной точки центральной жилки.

Измерения параметров листа проводили с помощью циркуля-измерителя и линейки.

Результаты и обсуждение.

Количественные метрические показатели, характеризующие вегетативные части растений, совершенно отчетливо выявили явное превосходство третьего варианта по сравнению как с контролем, так и с остальными опытными делянками (табл. 1).

Таблица 1 – Метрические показатели сои сорта «Ланцетная»

Показатели	Варианты			
	Контроль	1	2	3
Высота растения, см	38,8	38,74	40,9	42,2
Число метамеров	11	11,4	11,2	14
Число листовых пластинок	36,2	38,4	46,1	52,8
Общая площадь листовой поверхности, см ²	774,8	787,5	879,3	1145,7
Средняя площадь листовой пластинки, см ²	21,4	20,51	19,07	21,7
Масса растения, г	47,71	49,47	51,92	54,52
Масса листьев, г	10,3	9,65	11,67	12,69
Число плодов	25,6	32,5	34,4	39,1
Масса плодов, г	17,79	20,39	22,41	23,79
Масса корней, г	4,85	4,69	5,21	5,76

Показатель высоты растений во втором и третьем вариантах был большим по отношению к контролю на 5,41 и 8,76% соответственно. Для первого варианта отличие от контрольных значений оказалось незначительным.

Число метамеров и количество листовых пластин также оказалось наибольшим у сои, выращиваемой на делянке с содержанием куриного помета 15 т/га. Различие по количеству листовых пластинок в первом варианте составило 6,08; во втором – 27,35; в третьем – 45,86% по отношению к контролю (рис. 1).

Общая площадь листовой поверхности в первом варианте была больше на 1,64; во втором – на 13,49; в третьем – на 47,87% по отношению к контролю. Различие средней площади листовых пластин в опытных вариантах было незначительным по сравнению с контролем.

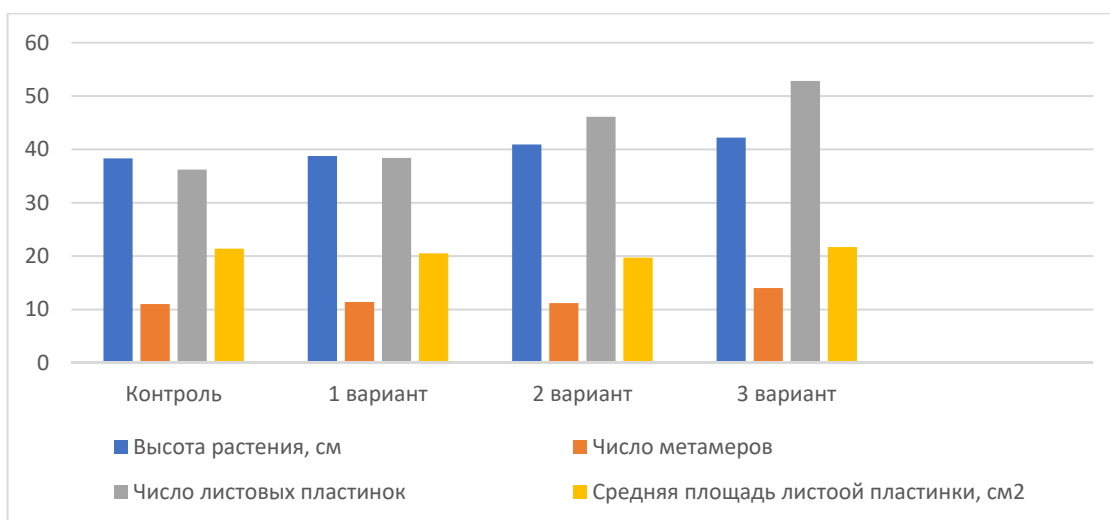


Рис. 1 – Метрические показатели сои сорта «Ланцетная»

Реакция сои на внесение органического удобрения сопровождалась стабильным ростом общей массы растений по мере увеличения внесенной дозы куриного помета. Этот прирост для первого варианта составил 3,69, для второго – 8,82, для третьего – 14,27% по сравнению контролем (рис. 2).

Масса листьев по вариантам распределилась следующим образом: в первом различие с контролем было незначительным; во втором общая масса листьев была больше на 13,3; в третьем – на 23,2% по сравнению с соей контрольной деланки.

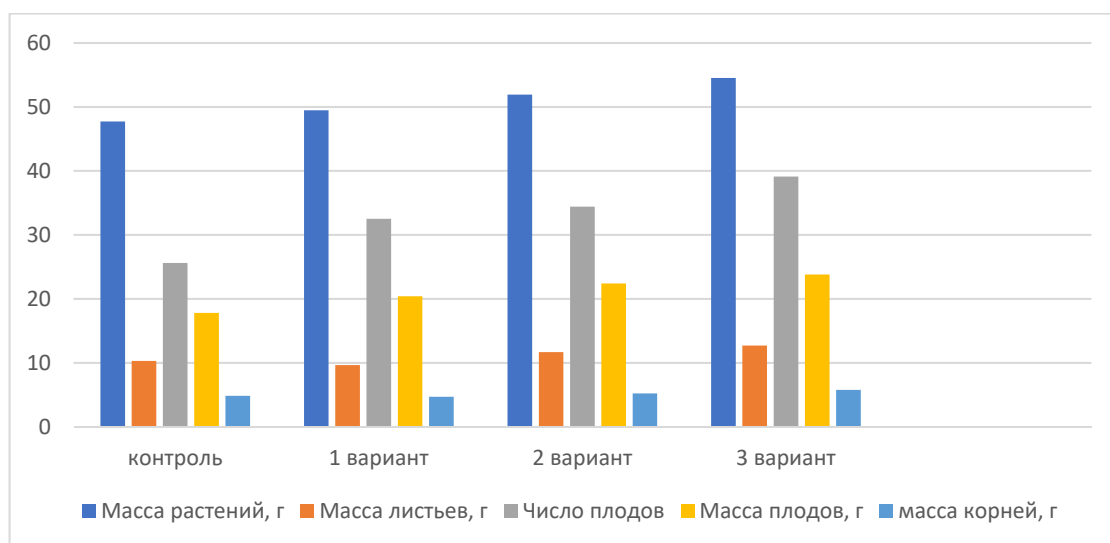


Рис. 2 – Метрические показатели сои сорта «Ланцетная»

Число плодов в первом варианте было на 26,95, во втором – на 34,37, в третьем – на 52,73% больше, чем у сои контрольной деланки.

Масса плодов так же, как и их число была наибольшей у сои третьего варианта на 33,73%; для первого варианта это различие составило 14,61; для второго – на 25,97% больше, чем в контроле.

Не стала исключением реакция корневой системы сои на внесение в почву органического удобрения: в первом варианте различие с контролем было незначительным; во втором наблюдалось увеличение массы корней на 7,42; в третьем – на 18,76% по отношению к контрольным показателям.

Аллометрические показатели, характеризующие соотношение в развитии разных частей растений, как реакция на разные уровни обеспеченности их органическим удобрением представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Аллометрические показатели сои сорта «Ланцетная»

Показатели	Контроль	1	2	3
Относительная площадь листьев	16,23	15,91	16,93	21,01
Отношение площади листьев к их массе	75,22	81,6	75,35	90,28
Фотосинтетическое усилие	0,21	0,19	0,22	0,23
Репродуктивное усилие I	0,37	0,41	0,43	0,44
Репродуктивное усилие II	0,023	0,026	0,025	0,021

Для показателя относительной площади листьев сохранилась та же тенденция, что и для общей площади листовой поверхности – наибольшее различие зафиксировано в третьем варианте – 29,45; во втором – на 4,31% выше, чем в контроле (рис. 3). Относительная площадь листьев сои первого варианта незначительно отличалась от контрольных параметров.

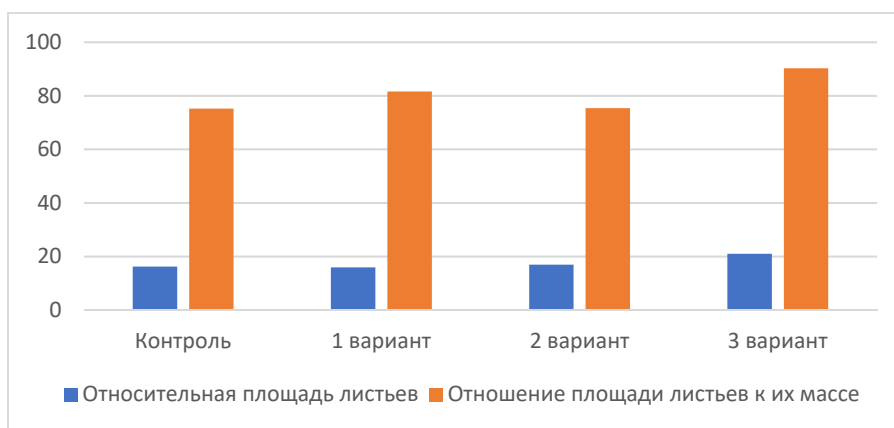


Рис. 3 – Аллометрические показатели сои сорта «Ланцетная»

Расчетная величина отношения площади листьев к их массе была не однозначна. Так во втором варианте этот параметр был на уровне контрольных значений, тогда как для первого и третьего он оказался выше на 8,48 и на 20,02% соответственно.

Фотосинтетическое усилие растений в зависимости от дозы внесенного помета отличалось от контрольного во втором на 4,76; в третьем – на 9,52%. В первом варианте этот показатель оказался ниже уровня контроля на 10,53%.

Репродуктивное усилие I для растений всех опытных групп было довольно высоким и в первом варианте этот показатель превышал контрольные значения на 10,81; во втором – на 16,22; в третьем – на 18,92% (рис. 4).

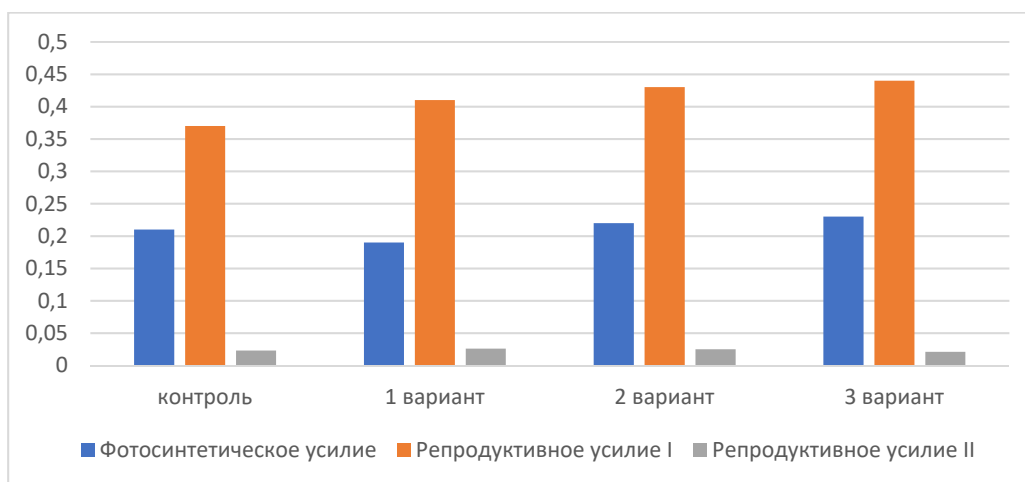


Рис. 4 – Аллометрические показатели сои сорта «Ланцетная»

Репродуктивное усилие II оказалось лишь в первом и втором вариантах выше контрольного уровня на 13,04; во втором – на 8,69% соответственно. Для первого варианта зафиксировано снижение этого показателя на 9,52% по отношению к контролю.

Анализ морфометрических данных листьев сои (табл. 3) показал, что разница ширины левой и правой половин листа в контроле составляет 0,8 мм, для первого варианта 0,6; второго – 1,2 и третьего – 0,6 мм. Различие в длине хорды первой жилки было наибольшим у сои второго варианта и в контроле – 2,6 мм, а самая маленькая разница установлена для листьев первого варианта 0,2 мм. Расстояние между жилками 1-го порядка составило в контроле 0,8; первый вариант – 0,2; второй – 0,6; третий – 2,0 мм. Расхождение в измерениях угла между центральной жилкой и жилкой второго порядка правой и левой половины листа самым большим было у сои третьего варианта – 5,2 градуса и самым малым для первого варианта 0,6 градуса. Самые длинные листья 99,2 мм оказались у растений третьего варианта, что на 16,8 мм превышало контрольные значения. В первом варианте это различие составило 15,7; во втором – 3,4 мм.

Таблица 3 – Морфометрические показатели и величина флуктуации листьев сои

№	Показатели	Контроль		1		2		3	
		л	п	л	п	л	п	л	п
1	Ширина листа, мм	14,8	15,6	14,6	15,2	12,2	13,4	16,8	17,4
2	Длина хорды первой жилки, мм	33,2	30,6	37,8	38,2	28,2	30,8	37,1	35,8
3	Расстояние между жилками 1 порядка, мм	11,8	12,6	17,2	17,4	13,6	14,2	15,6	13,6
4	Угол между центральной и второго порядка жилками	36	37,2	35,6	35	34,4	33,6	30,4	35,6
5	Длина листа, мм	82,4		98,1		85,8		99,2	
6	Число симметричных листьев	4		2		1		1	
7	Расчетная величина асимметрии	0,26		0,18		0,24		0,36	

Число симметричных листьев по показателю расхождения жилок первого порядка от центральной жилки было самым большим в контроле и в два раза меньшим для первого варианта. Во втором и третьем вариантах установлено наименьшее значение симметричных листьев. Расчетная величина показателя асимметричности последовательно повышалась по мере роста внесенной дозы куриного помета и достигла своего максимального значения в третьем варианте 0,36, в два раза превысив уровень первого варианта. Прогрессирующая асимметричность листьев свидетельствует о стрессирующем влиянии высоких концентраций птичьего помета в почве на онтогенетическое развитие сои.

Заключение. Таким образом, проведенный морфометрический анализ сои при разных уровнях обеспеченности растений органическим удобрением в виде подстилочного куриного помета показал, что оптимальной дозой удобрений является 15 т/га. Метрические данные вегетативных и генеративных органов растений третьего варианта (15 т/га) были явно выше по сравнению как с контролем, так и по отношению к другим опытными группам.

Аллометрические данные, которые оценивают соотношение в развитии разных частей растений, также подтверждают сделанный вывод об оптимальности условий для продукционного процесса в третьем варианте опыта. Низкая доза удобрений (5 т/га) или их отсутствие вызывает изменение виталитета растений – выживание в неблагоприятных условиях оказывается важнее репродукции.

Анализ флуктуирующей асимметрии листьев сои показал, что интенсификация процесса роста и развития растений в третьем варианте опыта сопровождалась более выраженным нарушением симметричности вегетативных структур.

Библиография

1. Панин С.И. Влияние минеральных удобрений на популяционно-морфологические характеристики сои / Панин С.И., Куликова М.А., Желтухина В.И. // В сборнике: Вопросы современной генетики, селекции и

ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Сборник докладов национальной научной конференции. 2021. С. 62-64.

2. Чекаев Н.П. Действие и последствие птичьего помета на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность сельскохозяйственных культур / Чекаев Н.П., Галиуллин А.А. // *Аграрная наука*. 2022. № 1. С. 102-105.

3. Панин С.И. Морфометрические характеристики сои в зависимости от внесения в почву возрастающих доз бесподстилочного птичьего помета / Панин С.И., Соловьева В.И., Куликова М.А. // В сборнике: *Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК. Сборник докладов национальной конференции*. Белгород, 30 ноября 2020 г. 2020. С. 37-38.

4. Морозова Т.С. Оценка агроэкологического состояния чернозёма типичного в условиях юго-западной части ЦЧР / Т.С. Морозова, С.А. Линков, С.Д. Лицуков, Е.Ю. Колесниченко // *Вестник аграрной науки ФГБОУ ВО Орловского государственного аграрного университета им. Н.В. Парахина*. – 2019. – № 6 (81). – С. 23-28.

5. Сопина Е.В. Влияние минеральных и органических удобрений на свойства чернозёма и урожайность сои / Сопина Е.В., Зубкова Е.Н., Литвинова М.Ю. // *Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации»*. – 2020.

References

1. Panin S.I. The effect of mineral fertilizers on the population-morphological characteristics of soybeans / Panin S.I., Kulikova M.A., Zheltukhina V.I. // In the collection: *Issues of modern genetics, breeding and resource-saving technologies of cultivation of agricultural crops. Collection of reports of the national Scientific Conference*. 2021. Pp. 62-64.

2. Chekaev N.P. Effect and aftereffect of bird droppings on agrochemical properties of leached chernozem and productivity of agricultural crops / Chekaev N.P., Galiullin A.A. // *Agrarian science*. 2022. № 1. Pp. 102-105.

3. Panin S.I. Morphometric characteristics of soybeans depending on the introduction of increasing doses of unstitched bird droppings into the soil / Panin S.I., Solovyova V.I., Kulikova M.A. // In the collection: *Agrarian science in the conditions of innovative development of agriculture. Collection of reports of the national conference*. Belgorod, November 30, 2020. Pp. 37-38.

4. Morozova T.S. Assessment of the agroecological state of typical chernozem in the conditions of the southwestern part of the CDR / T.S. Morozova, S.A. Linkov, S.D. Litsukov, E.Yu. Kolesnichenko // *Bulletin of Agrarian Science of the Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhin*. – 2019. – № 6 (81). – Pp. 23-28.

5. Sopina E.V. The influence of mineral and organic fertilizers on the properties of chernozem and soybean yield / Sopina E.V., Zubkova E.N., Litvinova M.Yu. // *Electronic scientific and practical journal «Modern scientific research and innovation»*. – 2020.

Сведения об авторах

Желтухина Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: Zheltuhina_vi@bsaa.edu.ru

Панин Сергей Иванович, кандидат биологических наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: Panin_si@bsaa.edu.ru

Манохина Лариса Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: Manohina_la@bsaa.edu.ru

Information about the authors

Zheltukhina Valentina Ivanovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: Zheltuhina_vi@bsaa.edu.ru

Panin Sergey Ivanovich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: Panin_si@bsaa.edu.ru

Manokhina Larisa Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: Manohina_la@bsaa.edu.ru

УДК 631.459

Н.И. Клостер, В.В. Лоткова, В.Б. Азаров

МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ КАК ИНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЧВ

Аннотация. В Центрально-Чернозёмном регионе проведены мониторинговые исследования по выявлению закономерностей изменения показателей почвенного плодородия в зависимости от интенсивности использования земель. В полигонном, локальном и сплошном мониторинге доказано, что энергосберегающая минимальная обработка почвы, внесение органических удобрений и включение в севооборот многолетних бобовых трав способствует повышению содержания гумуса на 0,5% за две ротации экспериментальных пятипольных севооборотов, развитию микробиологической деятельности и созданию оптимальной структуры чернозёма типичного. В условиях отдельно взятого землепользования наиболее интенсивно деградационные процессы происходят на склоновых землях при несоблюдении противоэрозионных мероприятий, на плакоре – при интенсивном использовании земли без внесения компенсационных доз минеральных и органических удобрений. При интенсивном использовании земель, пропашных севооборотах, глубокой отвальной обработке почвы за относительно короткий период времени запасы гумуса снижаются в 2 раза и составляют по разным типам сельскохозяйственных угодий 4,5-5,5 процента. Анализ экспериментальных данных по государственным сортоиспытательным участкам показывает, что нерациональное использование земель с необоснованным чередованием культур в семеноводческих севооборотах способствует сокращению запасов гумуса в почвах на величины до 2-3% за полувековой период времени при одновременном снижении продуктивности пашни. Точки сплошного мониторинга по местам экспедиции В.В. Докучаева позволили выявить тенденции изменения основных показателей черноземов за длительный срок использования в хозяйственном севообороте. Доказано, что при интенсивной хозяйственной эксплуатации минимальное содержание гумуса в черноземе типичном составляет около 3,5% при подавляющем преимуществе в структуре органического вещества гуминовых кислот.

Ключевые слова: мониторинг, плодородие почвы, гумус, чернозём, обработка почвы, удобрения

LAND MONITORING AS A TOOL FOR CONTROLLING SOIL DEGRADATION PROCESSES

Abstract. Monitoring studies have been conducted in the Central Chernozem region to identify patterns of changes in soil fertility indicators depending on the intensity of land use. In landfill, local and continuous monitoring, it has been proved that energy-saving minimal tillage, the introduction of organic fertilizers and the inclusion of perennial legumes in the crop rotation contributes to an increase in humus content by 0.5% over two rotations of experimental five-field crop rotations, the development of microbiological activity and the creation of an optimal structure of typical chernozem. In the conditions of a single land use, degradation processes occur most intensively on sloping lands with non-compliance with anti-erosion measures, on the plakor – with intensive use of land without applying compensatory doses of mineral and organic fertilizers. With intensive land use, tilled crop rotations, deep dump tillage, humus reserves decrease by 2 times in a relatively short period of time and amount to 4.5-5.5 percent for different types of agricultural land. The analysis of experimental data on state variety testing sites shows that the irrational use of land with unreasonable alternation of crops in seed crop rotations contributes to the reduction of humus reserves in soils by up to 2-3% over a half-century period of time while reducing the productivity of arable land. Continuous monitoring points at the sites of V.V. Dokuchaev's expedition made it possible to identify trends in changes in the main indicators of chernozems over a long period of use in economic crop rotation. It is proved that with intensive economic exploitation, the minimum humus content in typical chernozem is about 3.5%, with an overwhelming advantage in the structure of organic matter of humic acids.

Keywords: monitoring, soil fertility, humus, chernozem, tillage, fertilizers

Введение. За последние 120 лет значительно ухудшилось состояние почвенного покрова вследствие таких губительных процессов, как деградация и эрозия. На ранее высокоплодородных почвах произошли существенные изменения, обусловленные уменьшением наиболее ценного гумусового горизонта, явлением отрицательного баланса незаменимых элементов питания – минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия, нарушением почвенного сложения и разрушением агрономически ценной структуры почвы.

Этим значительным и пугающим изменениям способствовала интенсификация технологий использования сельскохозяйственных земельных угодий. Недостаток ресурсов как энергетических, так и материальных, усугубляет данную ситуацию. В последний год мы мо-

жем наблюдать значительный скачок цен на минеральные удобрения, необходимые для компенсации выноса питательных веществ с продукцией. Также не стоит оставлять без внимания удорожание топлива. Эти явления обуславливают повышение затрат на приобретение, транспортировку и внесение удобрений, а, следовательно, стремление производителей сэкономить на затратах за счет усиленного использования ресурсов естественного плодородия почвы.

Вышеуказанная проблема не могла остаться незамеченной и бесконтрольной. В связи с этим государственная политика претерпела нововведения в законодательстве, где была разработана стратегия по сохранению плодородия почв, предусматривающая, в первую очередь, мониторинг за состоянием земель, находящихся в сельскохозяйственном обороте. Полученные данные в ходе мониторинговых исследований отражают состояние почв и подразумевают разработку долгосрочных и, что особенно важно, оперативных мер, способствующих стабильному возделыванию культур в условиях предотвращения деграционных процессов.

В зависимости от масштаба и площади исследуемых территорий мониторинг земель осуществляется по трем уровням: полигонный, локальный и сплошной. По результатам отслеживания было получено теоретическое обоснование трансформации основных показателей плодородия почв и спрогнозированы высоковероятные явления пищевого режима разной интенсивности использования земельных угодий.

Полигонные мониторинговые исследования включают в себя изучение динамических явлений питания почвы на уровне подтипа. В условиях Центрально-Черноземного района на территории Белгородской области в качестве объекта исследования был взят чернозем типичный за две ротации трех различных севооборотов: зернотравяного, зернопропашного и зернопаропропашного в сочетании с разными способами основной обработки – такими как вспашка, безотвальная и mini-till на трех фонах удобрений (контроль – без удобрений, минеральный и органико-минеральный фон).

Локальный уровень мониторинга подразумевает исследование почвенного покрова в совокупности с рельефом местности, отражая ее географические и топографические особенности. Выбран типичный для Белгородской области рельеф, расчлененный балками и оврагами со склонами различной крутизны (от 3° до 12°) и экспозиции (плато, балка, южный, северный, юго-восточный, северо-восточный склоны).

Сплошной мониторинг, в свою очередь, отражает закономерности изменений показателей плодородия пахотного горизонта госсортоучастков, функционирующих в большинстве почвенно-климатических зон области.

За последнее время учеными агрономами, почвоведом, агрохимиками, экологами сформировано большое количество представлений о влиянии антропогенного фактора на показатели плодородия и на продуктивность агрофитоценозов, отмечено множество закономерностей, зачастую противоречащих друг другу [1, 2, 3]. Дело в том, что каждое исследование было проведено в различных микробиологических, почвенных, экологических, климатических условиях, что осложняет выведение лаконичных однозначных агрономических аксиом. Еще К.А. Тимирязев [4] писал: «Нигде, быть может, ни в какой другой деятельности, не требуется взвешивать столько разнообразных условий успеха, нигде не требуется таких многосторонних сведений, нигде увлечение односторонней точкой зрения не может привести к такой крупной неудаче, как в земледелии».

Цели и задачи. Главной целью наших исследований являлось установление зависимости характера хозяйствования на показатели плодородия черноземов юго-западной части ЦЧЗ. Задачей же мониторинга плодородия почв является выведение научно обоснованных рекомендаций для конкретных условий возделывания отдельных культур, посредством которых можно гарантированно добиться положительного баланса элементов питания, ежегодного прироста содержания гумуса, значительно уменьшить деграцию почв, обеспечить высокие урожаи, рационализировать затрачиваемые средства, стабилизировать показатели почвенного плодородия в целом [5, 6]. Стоит отметить, что решение вышеуказанных задач возможно лишь посредством внедрения в сельскохозяйственное производство относительно но-

вых направлений агрономической науки – адаптивного, ландшафтного, биотехнологического, прецизионного видов земледелия [7, 8].

Материалы и методы. При проведении мониторинговых исследований применялся весь спектр методов научных исследований в агрохимии, почвоведении и земледелии. Полевой метод предусматривал проведение маршрутных экспедиций по разработанным маршрутам в пределах Белгородской области и работы непосредственно на многофакторном стационарном опыте. Лабораторный метод заключался в проведении комплексных исследований почвенных образцов на исследуемые показатели и аналитический метод использовался нами при сопоставлении полученных научных данных, проведении статистической обработки и обобщении экспериментального научного материала.

Результаты и обсуждение. Одним из интегрированных показателей почвенного плодородия является наличие в её составе органического вещества, представляющего собой сложный комплекс высокомолекулярных соединений.

Почвенный покров Центрально-Черноземного региона России отличается значительной гетерогенностью в пределах мезорельефа, что и подтверждается экспериментальными данными по содержанию гумуса в пахотном слое чернозема в период закладки многофакторного стационарного опыта. Даже на соседних делянках разница в абсолютных величинах данного показателя составляла 0,5% и более.

Как показали результаты исследований, по прошествии двух полных ротаций экспериментальных севооборотов содержание гумуса изменялось в зависимости от факторов опыта. Максимальные величины прибавки в гумусированности почвы зафиксированы в зерно-травяном севообороте при условии внесения органических удобрений при их мелкой заделке. В этом случае содержание гумуса увеличилось на величину 0,5%.

Органические удобрения являются самым мощным фактором повышения запасов гумуса в почве. Даже в условиях зернопаропропашного севооборота с максимальным насыщением пропашными энергоемкими культурами при условии органической и органоминеральной системы удобрения наблюдается положительная динамика в обеспечении почвы гумусом.

Наличие в структуре посевных площадей многолетних бобовых трав также благотворно сказывается на содержании гумуса в почве. На всех вариантах в этом случае наблюдается устойчивая тенденция в обеспечении почвы органическим веществом.

При условии использования одних минеральных удобрений содержание гумуса снижается на 0,15-0,45% в зависимости от типа севооборота и способа основной обработки почвы.

Реперные точки локального мониторинга расположены на территории землепользования ОПХ «Белгородское», которое наиболее полно отражает геологические и топографические особенности большей части юго-западного региона Центрально-Черноземной зоны. Поверхность земельных угодий ОПХ «Белгородское» расчленена балками и оврагами с интенсивностью 1,4 км. На 100 га. С различной крутизной и экспозицией склонов. Эрозионно-опасные земли занимают около 80% территории землепользования. Облесенность ее не превышает 10%.

По программе локального мониторинга велись наблюдения за содержанием в почве гумуса в динамике за последние годы исследований.

Установлено, что пахотный слой чернозема на плато по содержанию гумуса вдвое богаче склонового участка на вспашке южной экспозиции. По полученным данным содержание гумуса в пахотном горизонте первой реперной точки на линии водораздела составило 4,9%, а на третьей точке склона южной экспозиции 3,1 процента.

Примечательно, что по содержанию органического вещества почвы склоны северной экспозиции богаче южных склонов, причем, чем круче склон, тем более выражена разница в содержании гумуса. Так, если на склоне северной экспозиции с уклоном 0-3 градуса содержание гумуса в пахотном слое равнялось 5,9%, то на склоне южной экспозиции этот показатель составил 5,4%. В том же случае, если крутизна склонов достигает 3-5 градусов, содер-

жание гумуса в пахотном горизонте при северо-северо-восточной экспозиции составляет 4,8%, а при южной экспозиции 3,1%.

Наиболее высокое содержание гумуса отмечено под покровом леса и на орошаемом участке – 5,6-6,3%. На естественном пастбище на фоне бобово-злакового разнотравья содержание органического вещества в слое почвы 0-30 см при втором сроке отбора составило 5,12%, а при третьем уже 5,0%. На днище балки гумусированность 30-сантиметрового слоя почвы составила 5,95% в начале исследования и 4,2% в дальнейшем. Столь существенная разница в содержании гумуса на днище балки объясняется намывным характером почвы, признаком которой является резко выраженная гетерогенность почвенного покрова даже в пределах микрорельефа, когда гумусированность почвенных образцов, отобранных в пределах одного квадратного метра, резко отличается между собой.

Сопоставляя результаты анализов почвенных образцов в динамике, можно сделать вывод о том, что более интенсивно потеря органического вещества происходит на равнинных участках пашни по сравнению со склоновыми почвами. Причина столь негативного обстоятельства кроется в снижении объемов применения удобрений, насыщение севооборотов коммерческими культурами (сахарная свекла, подсолнечник, гречиха), которые без применения удобрений быстро расходуют почвенные запасы азота за счет интенсивной минерализации органического вещества и создания отрицательного его баланса в земледелии. На склоновых же почвах высеваются культуры сплошного сева (озимая пшеница, ячмень, однолетние и многолетние травы) и иногда кукуруза на силос, как культура, возделыванием которой в хозяйстве решается проблема кормов для общественного животноводства.

Содержание гумуса в подпахотном слое почвы (30-50 см) на 0,3-1,5% выше на ключевых точках локального мониторинга, расположенных на линии водораздела (точка 1 и 12) по сравнению со склоновыми почвами в почвозащитных севооборотах (точки 3 и 13). Связано это с тем, что на несмытых почвах глубина перегнойно-аккумулятивного горизонта достигает 70 и более сантиметров, тогда как на почвах, подверженных в той или иной степени водной эрозии, глубина гумусного горизонта нередко достигает 25 см и меньше, а дальше начинается материнская порода с подтеками органического вещества и ходами землероев, заполненными черноземом верхнего плодородного слоя.

При составлении программы экологического мониторинга в программе регионального (сплошного) охвата территории наш выбор был сделан на разветвленной сети госсортоучастков, которые функционировали в Белгородской области почти в каждой почвенно-климатической части зоне. Предпочтение сортоучасткам было отдано еще потому, что в период их организации (1937, 1960 годы) проведены детальные почвенные и агрохимические обследования территории их землепользования с нанесением на топографическую карту точных координат почвенных разрезов и точек отбора почвенных проб. Методы проведения анализов при сборе информации индефецировались путем сравнительных экспериментальных исследований.

Для организации и проведения сплошного агроэкологического мониторинга определены Октябрьский сортоучасток, находящейся в юго-западной части Белгородской области в зоне распространения черноземов выщелоченных в комплексе с черноземами типичными с количеством выпавших осадков за год по среднемноголетним данным 490 мм; Прохоровский госсортоучасток с преобладанием черноземов типичных и годовой суммой осадков 520 мм; Уразовский госсортоучасток в юго-восточной части Белгородской области, где почвенный покров представлен в основном черноземами обыкновенными, а сумма атмосферных осадков по многолетним данным составляет 450 мм.

На Октябрьском госсортоучастке с 1938 года наблюдается снижение содержания гумуса до 1983 года с 5,97 до 5,57%. В дальнейшем вплоть до 1998 года гумусированность чернозема выщелоченного оставалась практически на одном уровне – 5,35-5,44%, что свидетельствует о достижении стабильного содержания гумуса, отвечающего генетическим признакам данного типа почвы. Подтверждением данного положения может служить равнозначный показатель соотношения количества углерода гуматов и фульвокислот 1,23-1,25 на про-

тяжении 15 лет наблюдений. Ведь установлено, что при преобладании углерода гуматов над фульвокислотами в почве идет интенсивный процесс гумификации, т.е. образование консервативной части гумусового комплекса почвы. С преобладанием же фульвокислот в почве бурно протекают процессы минерализации органического вещества, приоритет принимают мобильные соединения гумуса, что способствует улучшению пищевого режима почв на данный конкретный промежуток времени.

Преобладание гуматов над фульвокислотами определяется также наличием в образцах почвы при агрохимическом анализе свежего, неразложившегося органического вещества в виде соломы, опада, корневых остатков. Их наличие в почвенных образцах повышает содержание гумуса. Поскольку количество растительных остатков не относится к стабильным показателям почвенного плодородия, при определении содержания гумуса в почве аналитики стремятся как можно полнее избавиться от присутствия в образцах даже ничтожно малых количеств свежего органического вещества в виде клетчатки.

Сопоставив данные по содержанию общего гумуса в пахотном слое почвы Октябрьского госсортоучастка в т.ч. и по последнему сроку проведения исследований с показателями по общему гумусу за ряд предыдущих лет, бросается в глаза значительное повышение содержания гумуса. На наш взгляд, столь завышенное значение запасов общего гумуса в почве объясняется имевшими место нарушениями в методике данного показателя, когда растительные остатки перед и после размола образцов не отбирались, что и внесло существенные коррективы в полученные экспериментальные данные. С учетом того, что соотношение углерода гуматов и фульвокислот повысилось в пользу первых, можно с уверенностью утверждать о наличии в образцах неразложившегося органического вещества.

На Прохоровском сортоучастке показатели содержания общего гумуса так же завышены ввиду издержек в методике определения. Величина соотношения гуматов и фульвокислот выше значения 1998 года, что свидетельствует о наличии большого количества дейтрита (неразложившегося органического вещества) в почвенных образцах.

Уразовский сортоучасток расположен на территории СПК «Красный Путиловец» Валуйского района и является по существу одним из его производственных подразделений. Хозяйство выделяет сортоучастку необходимую технику для проведения сельскохозяйственных работ в оптимальные сроки при высоком качестве проведения. Сортоучастку в первую очередь выделяется необходимое количество органических и минеральных удобрений. Выращенная продукция принадлежит хозяйству.

Такие взаимоотношения благоприятно сказываются на результатах деятельности Уразовского сортоучастка, на росте плодородия земель.

С учетом высказанных ранее предположений относительно показателя содержания общего гумуса в черноземе обыкновенном, величина его по сравнению с предыдущими годами возросла на 0,54-0,57 абсолютных процентов при относительном существенном повышении доли углерода гуматов, что указывает на наличие в почве свежего органического вещества.

В бытность Докучаева это был старопашотный участок интенсивного использования. Данное обстоятельство, по всей вероятности, предопределило ту незначительную разницу в содержании органического вещества в перегнойно-аккумулятивном слое (58 см), которое имело место через 100 лет сельскохозяйственного использования пашни. Если по определению экспедиции Докучаева содержание гумуса в исследуемом слое почвы составило 4,23%, то в 1983 году возросло до 4,51%, что свидетельствует о рациональном использовании земли. Отмеченная закономерность сохранялась до 1991 года (содержание гумуса 4,58%), т.е. до периода максимальных объемов применения в земледелии области органических и минеральных удобрений. К 1983 году в исследуемой почве, судя по соотношению количества углерода гуматов и углерода, входящего в состав фульвокислот, шел процесс гумификации органического вещества (соотношение 2,02), почва отличалась низким уровнем обеспеченности фосфором (5,3 мг/100 г почвы) и высоким по калию. Реакция почвенного раствора нейтральная. Анализ почвенных образцов, отобранных на этой точке в 1991 году, показал улучшение агрохимических свойств почвы. Содержание гумуса в перегнойно-аккумулятивном горизонте сохранилось

на этом же уровне (4,58%), при этом происходил процесс минерализации органического вещества (соотношение Сгк/Сфк снизилось до 1,39), что свидетельствовало о поступлении в почву свежеснесенного органического вещества в виде навоза и растительных остатков. О повышении культуры земледелия к 1991 году свидетельствует факт увеличения содержания усвояемого фосфора до 9,4 мг/100 г почвы. Интенсивное применение минеральных удобрений привело к подкислению почвенного раствора до значения рН 5,8 единиц. Данный показатель по сравнению с 1983 годом снизился на одну единицу.

Точка, расположенная в 2,5 верстах не доезжая поселка Томаровка по трассе Белгород-Сумы, находится на второй надпойменной террасе реки Ворскла в старом полувековом яблоневом саду, принадлежащем межрайонному дому престарелых.

Уход за садом за последние 17 лет оставлял желать лучшего и ограничивался периодической санитарной обрезкой без каких-либо иных агротехнических приемов по уходу за деревьями, применения химических средств борьбы с вредителями и болезнями сада.

Ко времени организации экспедиции Докучаева вторая точка современного сплошного мониторинга находилась на пустыре, не занятом под сельскохозяйственное использование. Естественная степная растительность, мощный дерновый слой с обилием полуразложившейся органической массы обеспечил высокое содержание гумуса по всему профилю перегнойно-аккумулятивного горизонта – 5,46%. После вовлечения данного участка в сельскохозяйственный оборот запасы органического вещества почвы были интенсивно минерализованы и через 100 лет содержание гумуса в почве снизилось с 5,46 до 3,58% в 1983 году. Процесс минерализации гумуса продолжался до 1998 года, о чем свидетельствовала величина соотношения углерода гуматов и фульвокислот с превышением последних (2,59 в 1983 и 1,65-1,74 в 1991-1995 гг.). Поскольку пять последних десятилетий земельный массив находился под многолетними насаждениями и здесь не вносились минеральные удобрения, обеспеченность почвы фосфором оставалась на уровне низкой градации (3,7-6,1 мг./100 г. почвы). К моменту отбора почвенных проб в 1998 году было отмечено, что территория сада была определена местом слива сточных вод ассенизаторскими автомобилями коммунальных служб поселка Томаровка. Агрохимический анализ показал повышение гумифицированности перегнойно-аккумулятивного горизонта с 3,1 в 1995 до 3,48% в 1998 году. При этом повысилось соотношение углерода гуматов к фульвокислотам (с 1,13 до 1,28) как свидетельство поступления в почву свежего органического вещества.

В одной версте от Борисовки в сторону Грайворона расположена третья точка сплошного агроэкологического мониторинга из серии точек, приуроченных к маршруту почвенной экспедиции В.В. Докучаева 1883 года.

Уже с 1983 года эта точка выбыла из землепользования крупного хозяйства, т.к. расположена вблизи автомобильной трассы между автозаправкой и хлебозаводом и за истекшие 17 лет до настоящей поры используются под индивидуальные огороды трудящихся. Индивидуальное жилищное строительство на данном участке категорически запрещено по причине техники безопасности и пространственной изоляции от бензоколонки.

Анализ динамики изменения гумусового состояния данной точки показывает, что указанный земельный массив находился в сельскохозяйственном использовании уже в период почвенной экспедиции Докучаева. За 117 лет содержание гумуса в перегнойно-аккумулятивном горизонте фактически осталось на уровне 3,8% с колебаниями к 1998 году до 3,06%. Потеря гумуса шла интенсивно с 1991 года, но по данным 1999 года содержание гумуса в почве составило 3,9%, т.е. ту же величину, что и 117 лет назад. Исходя из того, что соотношение углерода гуматов и фульвокислот по результатам агрохимических анализов за 1999 год превысило показатель предыдущего обследования почти на 20 относительных процентов целесообразно предположить, что содержание гумуса в 1999 году завышено ввиду наличия в почвенных образцах свежего органического вещества растительных остатков.

Вспаханность чернозема в точке, расположенной в 2-х км. от города Грайворона по старому Муравскому шляху в сторону Харькова на Чугуев, за последние 117 лет наиболее значительна. Если во время почвенной экспедиции Докучаева содержание углерода в пере-

гноино-аккумулятивном горизонте составляло 7,58%, то по прошествии 100 лет оно снизилось до 3,66%, т.е. сократилось более чем в 2 раза. Топография местности типично степная, до самой линии горизонта территория просматривается полностью, без овражно-балочной сети при полном отсутствии склоновых земель. Описывая данную точку в своей книге «Русский чернозем» В.В. Докучаев не указал четко на характер использования земельного участка: то ли это пашня, то ли выгон для скота, то ли вовсе пустошь. В том случае, если земельный массив во время экспедиции Докучаева находился под естественной степной растительностью, объяснения столь резкому снижению гумифицированности почвы найти легко и просто: произошло быстрое сгорание органического вещества почвы при ее распашке. В дальнейшем интенсивное использование земли привело к полному истощению былых запасов потенциального почвенного плодородия. К 1983 году почва достигла своего минимума в почвенном плодородии, заложенного в генетическом статусе данного типа почв. Содержание гумуса за все последующие 17 лет наблюдений составило 3,52-3,71%, что является свидетельством достигнутого «скелетного» содержания гумуса для данной почвы, ниже которого запасы гумуса в естественных условиях снизятся не могут. С полной уверенностью можно утверждать, что земельный массив, где расположена рассматриваемая нами точка сплошного агроэкологического мониторинга, за последние 20 лет не имел должного приложения материально-технических ресурсов для ведения земледелия, направленного на расширенное воспроизводство почвенного плодородия.

Выводы. По результатам проведенных мониторинговых исследований можно сделать вывод об исключительной роли способов хозяйствования при возделывании сельскохозяйственных культур в деле сохранения и повышения плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Органические удобрения способствуют повышению содержанию гумуса в почве даже в пропашных севооборотах интенсивного типа. Водная эрозия является основным фактором деградации почвенного покрова и резкого снижения плодородия склоновых земель. За длительный период интенсивного сельскохозяйственного использования содержание гумуса в черноземе достигло минимального значения на уровне 3,5% с преобладанием в структуре консервативной части в виде гуминовых кислот.

Библиография

1. Азаров В.Б. Мониторинг плодородия почв Центрального Черноземья / В.Б. Азаров. – Белгород, 2004. – 204 с.
2. Родионов В.Я., Клостер Н.И. Удобрения в современной земледелии / В.Я. Родионов. – Белгород, 2013. – 213 с.
3. N.I. Kloster and V.B. Azarov. Biologization technologies in agriculture of the Belgorod region International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021). BIO Web of Conferences 36, 03010 (2021) Vol. 36, 2021.
4. Куликова М.А. Изменение свойств чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в условиях Центрального Черноземья. Автореферат... кандидата с.-х. наук. Курск. 2008. 21 с.
5. Ореховская А.А., Ступаков А.Г. Влияние агротехнических приемов на продуктивность озимой пшеницы в условиях ЦЧР / Вестник Международного института питания растений. 2015. № 1. – С. 6-9.
6. Kotlyarova, E.G. Agrophysical properties of typical chernozem depending on its treatment and break crop / E.G. Kotlyarova, I.A. Kazanbekov, A. I. Titovskaya // В сборнике: IoP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness. 624 (2021) 012228 (Scopus & WoS) doi:10.1088/1755-1315/624/1/012228.
7. Резвякова С.В., Гурин А.Г., Ревин Н.Ю., Резвякова Е.С. Приемы повышения продуктивности и экологической устойчивости растений на биологической основе / Экономические и гуманитарные науки. 2017. С. 179.
8. Rezvyakova S., Eremin L., Matveychuk P., Mitina E. The influence of biofungicide and chemical fungicides on the manifestation of diseases and the yield of soybeans: E3S Web of Conferences. 2. International Cjnferce on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202124701046.

References

1. Azarov V.B. Monitoring of soil fertility in the Central Chernozem region / V.B. Azarov. – Belgorod, 2004. – 204 p.
2. Rodionov V.Ya., Kloster N.I. Fertilizers in modern agriculture / V.Ya. Rodionov. – Belgorod, 2013. – 213 p.

3. N.I. Kloster and V.B. Azarov Biologization technologies in agriculture of the Belgorod region International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021). BIO Web of Conferences 36, 03010 (2021) Volume 36, 2021.

4. Kulikova M.A. Changes in the properties of leached chernozem with prolonged use of fertilizers in the conditions of the Central Chernozem region. Abstract... of the Candidate of agricultural sciences. Kursk. 2008. 21 p.

5. Orekhovskaya A.A., Stupakov A.G. The influence of agrotechnical techniques on the productivity of winter wheat in the conditions of the Central Forest / Bulletin of the International Institute of Plant Nutrition. 2015. № 1. – Pp. 6-9.

6. Kotlyarova, E.G. Agrophysical properties of typical chernozem depending on its treatment and break crop / E.G. Kotlyarova, I.A. Kazanbekov, A.I. Titovskaya // In the collection: IoP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on World Technological Trends in Agribusiness. 624 (2021) 012228 (Scopus & WoS) doi:10.1088/1755-1315/624/1/012228.

7. Rezvyakova S.V., Gurin A.G., Revin N.Yu., Rezvyakova E.S. Methods of increasing productivity and ecological stability of plants on a biological basis / Economic and Humanitarian Sciences. 2017. p. 179.

8. Rezvyakova S., Eremin L., Matveychuk P., Mitina E. The influence of biofungicide and chemical fungicides on the manifestation of diseases and the yield of soybeans: E3S Web of Conferences. 2. International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021. DOI 10.1051/e3sconf/202124701046.

Сведения об авторах

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

Лоткова Виктория Викторовна, студентка агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: lotkova2001@mail.ru

Азаров Владимир Борисович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, e-mail: azarov.v.b@mail.ru

Information about authors

Kloster Natalya Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, 1, Maisky settlement, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: klonata-1978@rambler.ru

Lotkova Victoria Viktorovna, student of the Faculty of Agronomy, Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, d. 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: lotkova2001@mail.ru

Azarov Vladimir Borisovich, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University. V.Ya. Gorina, st. Vavilova, d. 1, Maisky settlement, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, e-mail: azarov.v.b@mail.ru

УДК 633.34:631.524.82:631.811

М.А. Куликова, А.Г. Ступаков, А.В. Лодыгин, Т.С. Морозова

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОРОСТКОВ И КОРЕШКОВ СОИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ ХЛОРИДА КОБАЛЬТА

Аннотация. Одни из самых высоких уровней загрязнения почв обуславливают тяжелые металлы. Они аккумулируются почвой, а затем растениями и нарушают свойства почвы, что влияет на ее плодородие. Тем не менее, в небольших концентрациях они могут выполнять функцию микроудобрений. Кобальт необходим для фиксации молекулярного азота в бобовых культурах, в частности сои, так как способствует образованию бактерий в клубеньках. Поэтому недостаточное содержание этого элемента в почве влияет на жизнедеятельность растений. Этот вопрос изучен недостаточно. В статье проанализированы различные дозы хлорида кобальта по их влиянию на морфометрические параметры растений сои в начальный период роста и развития.

Нашими исследованиями в Белгородском ГАУ на чернозёме типичном с содержанием в пахотном 0-20 см слое почвы подвижного кобальта 0,11 мг/кг почвы, органического вещества 3,3%, с нейтральной реакцией среды, низкой, средней и повышенной обеспеченностью подвижными формами соответственно азота, фосфора и калия были выявлены стимулирующие свойства концентраций кобальта в диапазоне 0,005-0,5 мг/кг почвы для проростков сои, а ингибирующими – концентрации в диапазоне 15,0-25,0 мг/кг почвы, при которых проявились экотоксические свойства кобальта. Концентрации кобальта в диапазоне 0,05-10,0 мг/кг почвы обладали стимулирующими свойствами для корней сои, при этом ингибирующие свойства не проявились. В условиях юго-западной части ЦЧР на черноземных почвах и сходных по агрохимическим свойствам почвенных разностях с очень низким содержанием кобальта (<0,8 мг/кг почвы) показано применение кобальтовых удобрений из расчёта 0,05-0,5 мг/кг почвы (0,1-1,0 кг/га), однозначно проявляющих характер микроэлемента.

Ключевые слова: разные концентрации соли кобальта (CoCl₂), морфометрические параметры сои (проростки, корешки), почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый.

CHANGES IN MORPHOMETRIC PARAMETERS OF SOYBEAN SEEDLINGS AND ROOTS DEPENDING ON INCREASING DOSES OF COBALT CHLORIDE

Abstract. Heavy metals contribute to some of the highest levels of soil contamination. They accumulate in the soil and then plant and degrade the soil, affecting its fertility. However, in small concentrations they may act as micro-fertilizers. Cobalt is essential for fixing molecular nitrogen in legumes, particularly soybean, as it contributes to the formation of bacteria in tubers. Therefore, the insufficient content of this element in the soil affects plant life. This issue has not been sufficiently studied. The paper analysed different doses of cobalt chloride by their influence on the morphometric parameters of soybean plants during the initial growth and development period.

Our studies in the Belgorod State Agrarian University on typical chernozem with a content of 0.11 mg/kg of mobile cobalt in the arable 0-20 cm soil layer, 3.3% organic matter, with a neutral reaction of the medium, low, medium and increased availability of mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium, respectively, revealed stimulating properties of cobalt concentrations in the range of 0.005-0.5 mg/kg of soil for soybean seedlings, and inhibitory concentrations in the range of 15.0-25.0 mg/kg of soil, at which the ecotoxic properties of cobalt were manifested. Cobalt concentrations in the range of 0.05-10.0 mg/kg of soil had stimulating properties for soybean roots, while inhibitory properties were not manifested. In the conditions of the south-western part of the CDR on chernozem soils and soil differences similar in agrochemical properties with a very low cobalt content (<0.8 mg/kg of soil), the use of cobalt fertilizers at the rate of 0.05-0.5 mg/kg of soil (0.1-1.0 kg/ha), unambiguously showing the nature of a trace element, is shown.

Keywords: different concentrations of cobalt salt (CoCl₂), morphometric parameters of soybeans (seedlings, roots), soil – typical heavy loamy chernozem.

Введение. Наиболее сильным по влиянию и отличающимся высочайшим уровнем химического загрязнения остаётся загрязнение почв тяжёлыми металлами [1, 2].

Тяжёлые металлы накапливаются и нарушают почвенные физико-химические свойства: от изменения величины pH и разрушения почвенно-поглощающего комплекса до нарушений микробиологических процессов. В дальнейшей перспективе почвенный комплекс может потерять плодородие [3].

Но, однако, тяжёлые металлы в малых концентрациях выступают в живых организмах как микроэлементы и играют важную роль в развитии живых организмов [4, 5].

В данной работе рассматривается влияние ионов кобальта на морфометрические показатели сои.

Кобальт, в свою очередь, является составной частью витамина В12 и существенно влияет на развитие азотфиксирующих клубеньковых бактерий в бобовых культурах [6, 7], способствует развитию и росту растения за счёт взаимодействия в гормонах клетки, активно участвует в фотосинтезе, форсирует развитие вегетативных органов и других немаловажных факторов развития организма [8].

Такие микроэлементы, как кобальт принимают активное участие в осуществлении важнейших физиологических и биохимических процессов в живом организме. Недостаточная или избыточная насыщенность ими почв, растений, рационов человека и животных может сопровождаться появлением микроэлементов со всеми вытекающими последствиями [9]. Продуктивность организмов базируется на интенсивности обмена веществ, которая регулируется активностью ферментов, и, в значительной степени, определяется обеспеченностью их микроэлементами, в том числе и кобальтом.

Цель и задачи. Целью настоящего исследования является оценка возрастающих доз хлорида кобальта при выращивании сои в лабораторных условиях.

Для достижения намеченной цели решались следующие задачи:

- выявить влияние хлорида кобальта на морфометрические показатели проростков и корней сои в зависимости от различных концентраций хлорида кобальта;
- оценить экотоксические свойства иона кобальта и его роль как микроэлемента;
- на основе корреляционного анализа установить закономерность изменения морфометрических показателей сои от возрастающих концентраций хлорида кобальта в почве.

Методика и условия проведения исследований. Исследования по выявлению влияния разных концентраций кобальта [10] в почве на параметры длины и массы проростков и корней в начале вегетации сои проводились в модельном опыте с почвенной культурой в лаборатории микробиологии кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры в 2021 г.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы

Слой почвы, см	Органическое вещество, %	рН _{KCl}	Нг, мг-экв. на 100 г почвы	Co ²⁺	N щелочно-гидролизуемый по Корнфилду	P ₂ O ₅	K ₂ O
						По Чирикову	
мг/кг почвы							
0-20	3,3	6,3	1,5	0,11	133	91	120

Исследования по влиянию разных концентраций кобальта проводились в модельном опыте на черноземе типичном тяжелосуглинистого гранулометрического состава (табл. 1). В пахотном слое 0-20 см слое почве содержалось 3,3% органического вещества, что характеризуется как низкое содержание.

Реакция среды была нейтральной, на что указывает величина обменной кислотности, рН=6,3 и гидролитической кислотности Нг=1,5 мг-экв./100 г почвы. Содержание подвижных азота, фосфора и калия характеризовалось соответственно, как низкое, среднее и повышенное (133, 91 и 120 мг/кг почвы). Содержание подвижного кобальта – 0,11 мг/кг почвы согласно существующей градации его было очень низким (табл. 2).

Таблица 2 – Характеристика обеспеченности почв подвижным кобальтом (Co²⁺)

Градации	Содержание, мг/кг почвы
Очень низкая	<0,8
Низкая	0,9 – 3,0
Средняя	3,1 – 5,6
Высокая	> 5,6

Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистого гранулометрического состава – насыщалась хлоридом кобальта (CoCl₂) из расчёта на Co²⁺ в разных концентрациях: 0,0, 0,0005, 0,005, 0,05, 0,5, 5,0, 10,0, 15,0, 20,0, 25,0 мг/кг почвы [11].

При приготовлении концентраций навески CoCl₂ из расчёта на 5,0, 10,0, 15,0, 20,0, 25,0 мг/кг почвы взвешивались на аналитических весах. Концентрации 0,5, 0,05, 0,005, 0,0005, мг/кг почвы готовились методом разбавления концентрации 5,0 мг/кг почвы, которая является предельно допустимой концентрацией для почвы (ПДК) [12].

Опыт проводился в четырёхкратной повторности. Полив осуществляли по мере необходимости, в среднем через два дня. Параметры проростков и корней сои определяли на 14 день после посева.

Взвешивание проростков и корней сои проводили на аналитических весах. Определяли морфометрические показатели сои: длину проростков и корней [13].

Результаты исследований. Кобальт (Co²⁺) относится ко 2 классу опасности среди химических загрязняющих веществ, в который входят также бор, хром, никель, медь, сурьма и молибден.

Исследования выявили следующие закономерности. Применение кобальта в диапазоне концентраций от 0,0005 до 0,5 мг/кг почвы обусловило достоверное увеличение длины проростков сои соответственно на 22, 32, 35 и 43 мм или на 16,2, 23,5, 25,7 и 31,6% (табл. 3). Корреляционно-регрессионный анализ показал среднюю положительную коррелятивную зависимость длины проростков сои от концентрации кобальта в почве при r=0,6051, которая описывалась уравнением регрессии $y = 45,89 * x + 157,3$.

Таблица 3 – Влияние разных концентраций кобальта (Co²⁺) на изменение длины и массы проростков сои, + или –

Мг/кг почвы		0	0,0005	0,005	0,05	0,5	5	10	15	20	25	НСР ₀₅
Длина	мм	–	22	32	35	43	12	5	-3	-2	-4	17,7
	%	–	16,2	23,5	25,7	31,6	8,8	3,7	-2,2	-1,5	-2,9	-
Масса	г	–	-0,01	0,06	0,04	0,02	0	-0,03	-0,05	-0,07	-0,04	0,035
	%	–	-1,4	8,6	5,7	2,9	0	-4,3	-7,1	-10	-5,7	-

При внесении кобальта из расчёта 5,0 мг/кг почвы проявилась тенденция к росту проростков (12 мм или 8,8%).

Использование концентраций в диапазоне 15,0-25,0 мг/кг почвы обусловило тенденцию к уменьшению длины проростков (рис. 1). При этом в диапазоне концентраций 0,5-25,0 мг/кг почвы выявлена высокая отрицательная коррелятивная зависимость длины проростков сои от концентрации кобальта ($r = -0,8394$; $y = -1,635 * x + 165,1$).

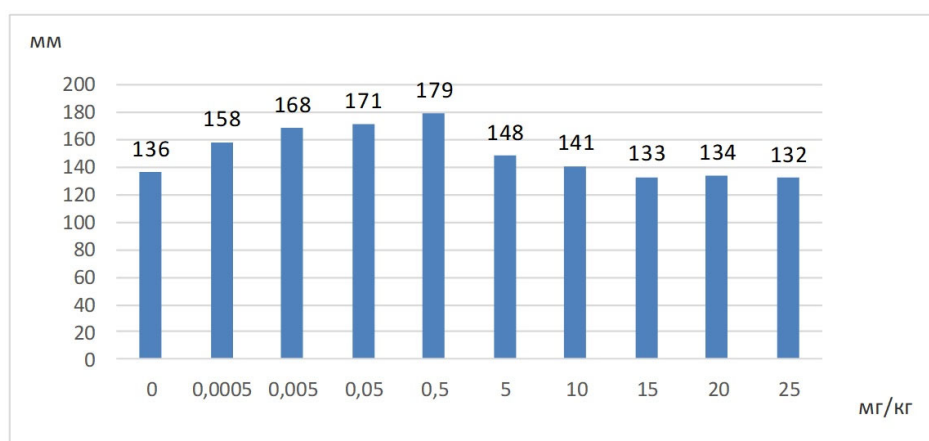


Рис. 1 – Влияние разных концентраций кобальта (Co²⁺) на длину проростков сои, мм

Масса проростков растений сои достоверно повышалась при концентрации кобальта 0,005 и 0,05 мг/кг почвы (соответственно 0,06 и 0,04 г или 8,6 и 5,7%). При концентрации от 15,0 до 25,0 мг/кг почвы выявлено существенное снижение массы проростков на 0,4-0,7 г (5,7-10,0 %) (рис. 2). В диапазоне концентраций 0-0,005 мг/кг почвы зависимость массы проростков сои от концентрации кобальта описывалась уравнением регрессии $y = 13,41 * x + 0,6921$ при весьма высокой положительной корреляционной зависимости с коэффициентом корреляции $r = 0,9752$, а в диапазоне 0,005-25 мг/кг уравнением $y = - 0,0042 * x + 0,7309$ с высокой отрицательной корреляционной зависимостью, $r = - 0,8847$.

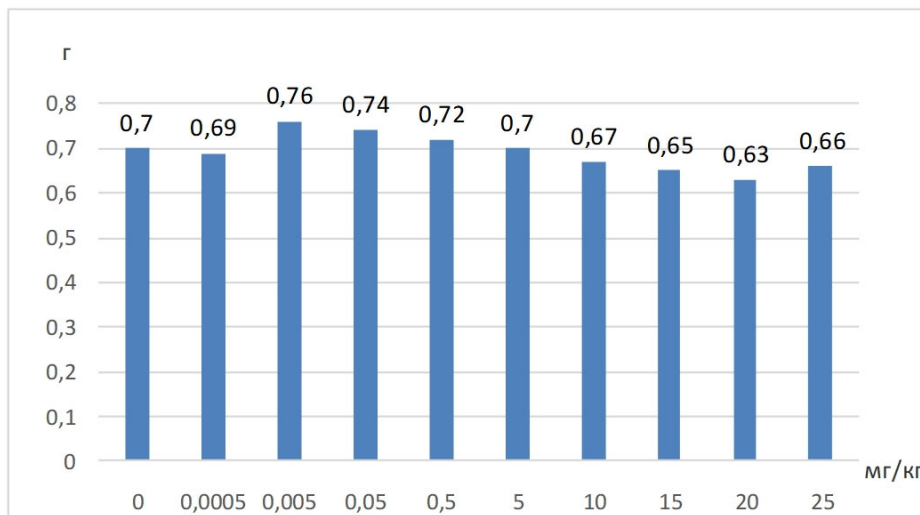


Рис. 2 – Влияние разных концентраций кобальта (Co²⁺) на массу проростков, г

Следовательно, явно выраженные характеристики микроэлемента при анализе длины и массы проростков сои, то есть проявляющие стимулирующие свойства, проявились при концентрациях 0,005-0,05 мг/кг почвы, а ингибирующие свойства, или проявление действия как тяжелого металла при концентрациях 15,0-25,0 мг/кг почвы.

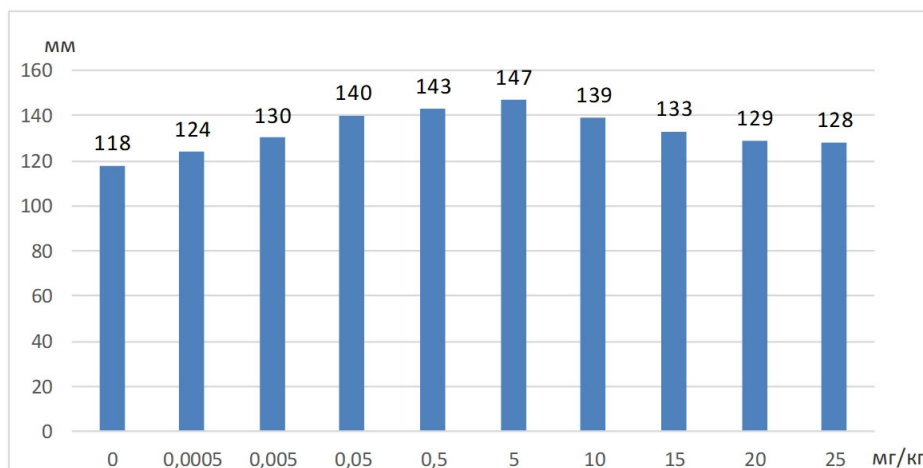


Рис. 3 – Влияние разных концентраций кобальта (Co²⁺) на длину корней сои, мм

Достоверное увеличение длины корней растений сои наблюдалось при концентрациях 0,05, 0,5 и 5,0 мг/кг почвы (на 22, 25 и 29 мм или на 18,6, 21,2 и 24,6%) (рис. 3). При более высоких концентрациях – 15,0-25,0 мг/кг почвы – наблюдалась тенденция к увеличению длины корней на 15, 11 и 10 мм или на 12,7, 9,3 и 8,5% (табл. 4).

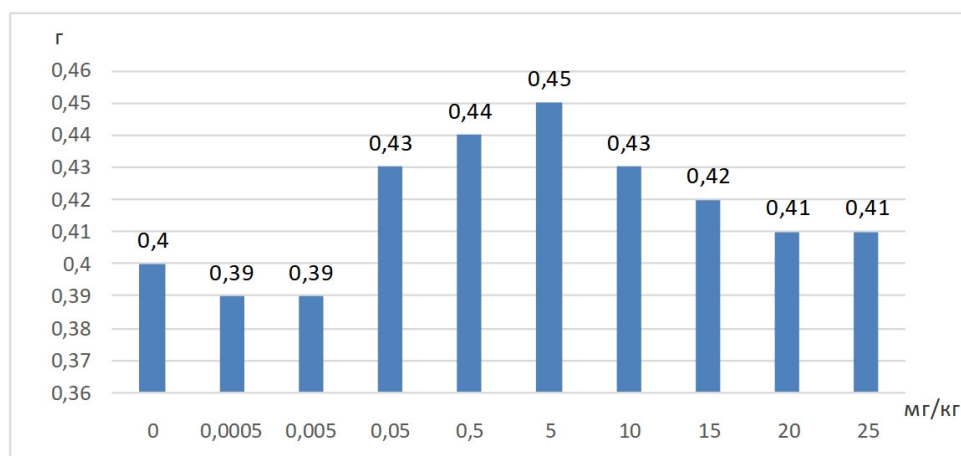


Рис. 4 – Влияние разных концентраций кобальта (Co²⁺) на массу корней, г

В диапазоне концентраций 0-5,0 мг/кг почвы зависимость длины корней от Co²⁺ описывалась уравнением регрессии $y = 3,562 * x + 130,4$ при средней положительной корреляционной зависимости $r = 0,6230$. Тогда как при концентрации в пределах 5,0-25,0 мг/кг почвы направленность взаимодействия переменных переменялась: зависимость стала отрицательной и весьма высокой, на что указывает $r = - 0,9623$ и описывалась уравнением регрессии $y = - 0,9600 * x + 149,6$.

Масса корней сои была менее вариабельна при применении разных концентраций кобальта. Достоверное увеличение массы корней проявилось при внесении концентраций кобальта от 0,05 до 10,0 мг/кг почвы (рис. 4). Зависимость массы корней сои от концентраций кобальта в диапазоне от 0,005 до 5,0 мг/кг почвы выразилась в уравнении регрессии $y = 0,0068 * x + 0,4181$ при средней положительной корреляционной зависимости $r = 0,6222$. Увеличение концентрации от 5,0 до 25,0 мг/кг почвы обусловило отрицательную весьма высокую корреляционную зависимость массы корней сои от применения Co²⁺, $r = - 0,9449$, которая описывалась уравнением регрессии $y = - 0,0020 * x + 0,454$.

Однако ингибирующего влияния элемента на корни сои не было отмечено.

Таблица 4 – Влияние разных концентраций кобальта (Co²⁺) на изменение длины и массы корней сои, + или –

Мг/кг почвы		0	0,0005	0,005	0,05	0,5	5	10	15	20	25	НСР ₀₅
Длина	мм	–	6	12	22	25	29	21	15	11	10	16,7
	%	–	5,1	10,2	18,6	21,2	24,6	17,8	12,7	9,3	8,5	-
Масса	г	–	-0,01	-0,01	0,03	0,04	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,023
	%	–	-2,5	-2,5	7,5	10	12,5	7,5	5	2,5	2,5	-

Выводы. На чернозёме типичном с содержанием подвижного кобальта 0,11 мг/кг почвы для проростков сои стимулирующими свойствами обладали концентрации кобальта в диапазоне 0,005-0,5 мг/кг почвы, а ингибирующими – концентрации в диапазоне 15,0-25,0 мг/кг почвы. Концентрации кобальта в диапазоне 0,05-10,0 мг/кг почвы обладали стимулирующими свойствами на корни сои, при этом ингибирующие свойства не проявились. С учетом варьирования параметров проростков и корней сои в действии кобальта однозначно проявился характер микроэлемента при концентрации 0,05 и 0,5 мг/кг почвы. Экотоксические свойства кобальта, как ингибитора ростовых процессов, выявлены только на проростках сои при концентрации 15,0-25,0 мг/кг почвы. Установлена положительная средней силы корреляционная зависимость длины проростков ($r = 0,6051$) и корней ($r = 0,6230$) сои от концентраций кобальта в почве в диапазоне от 0,0 до соответственно 0,5 и 5,0 мг/кг почвы.

Зависимость массы проростков корней в начале вегетации сои от концентраций кобальта менее 5,0 мг/кг почвы характеризовалась как положительная весьма высокая ($r = 0,9752$), а зависимость массы корня – как положительная средняя ($r = 0,6222$). При концентрациях кобальта более 5,0 мг/кг почвы наблюдалась высокая отрицательная зависимость длины и массы проростков сои от использования Co^{2+} , соответственно $r = - 0,8394$ и $r = - 0,8847$, а длины и массы корней – классифицировалась как весьма высокая при $r = - 0,9623$ и $r = - 0,9449$.

Таким образом, при возделывании сои на чернозёме типичном и сходных по агрохимическим свойствам почвенных разностях с очень низким содержанием кобальта (<0,8 мг/кг почвы) показано применение кобальтовых удобрений из расчёта 0,05-0,5 мг/кг почвы (0,1-1,0 кг/га).

Библиография

1. Toth G. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety / G. Toth // Environment International 2016. Vol. 88. P. 299-309. doi: 10.1016/j. envint.2015.12.017.
2. Anjum N.A., Ahmad I., Mohmood I. et al. Modulation of glutathione and its related enzymes in plants responses to toxic metal and metalloids – A review / N.A. Anjum, I. Ahmad, I. Mohmood et al. // Environ. Exp. Bot. 2012. V. 75. P. 307-324.
3. Лукин С.В. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв юго- западной части Центрально-Черноземных областей России / С.В. Лукин // Почвоведение. – 2017. – № 11. – С. 1367-1376.
4. Жуйков Д.В. Мониторинг содержания микроэлементов (Mn, Zn, Co) в агроценозах юго-западной части центрально-черноземного района России / Д.В. Жуйков // Земледелие. – 2020. – № 5. С. 9-13. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10503.
5. Белимов А.А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений (обзор) / А.А. Белимов, И.А. Тихонович // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 10-15.
6. Naumkin V.N. Influence of mineral fertilizers on the white lupine seeds yield under cultivation in the Central Black Earth region of Russia / V.N. Naumkin, L.A. Naumkina, O.Yu. Artemova, A.S. Blinnik and A.N. Kryukov // 2021. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 839 022078 Doi: 10.1088/1755-1315/839/2/022078.
7. Blinnik A.S. Dependence of productivity of white lupine seeds on the foliar dressing with macro- and micronutrient fertilizers / A.S. Blinnik, V.N. Naumkin, L.A. Naumkina, O.Yu. Artemova and A.N. Kryukov // 2021. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 845 012052 DOI:10.1088/1755-1315/845/1/012052.
8. Оразаева И.В. Показатели продуктивности сортов сои в зависимости от инокуляции семян и азотного удобрения / И.В. Оразаева, А.А. Муравьев // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 5. – С. 45-48. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10507.
9. Протасова Н.А. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков. – Воронеж : Воронежский гос. ун-т, 2003. – 368 с.
10. Куликова М.А. Биотестирование почвы на содержание кобальта по ростовым свойствам coleoptилей *Avena sativa* L. / М.А. Куликова, А.Г. Ступаков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Ширяев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 4 (16). – С. 63-67.
11. Stupakov A.G. Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical methods / A.G. Stupakov, A.A. Orekhovskaya, M.A. Kulikova, L.A. Manokhina, S.I. Panin, V.I. Gel-tukhina // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 315 (2019). – 052027.
12. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» Retrieved from: <http://www.rsn-chel.ru/wp-content/uploads/2015/04/GN-2.1.7.2041-06-Postanovlenie-Glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-RF-Predelno-dopustimye-konsentratsii-PDK-himicheskikh-veshhestv-v-pochve.pdf>.
13. Лодыгин А.В. Влияние возрастающих доз хлорида кобальта на морфометрические параметры сои в лабораторных условиях: выпускная квалификационная работа. Направление подготовки: 35.03.06. Экология и природопользование Профиль - Экология / А.В. Лодыгин; рук. работы М.А. Куликова; Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина [и др.]. – Майский : [б. и.], 2021. – 42 с.

References

1. Toth G. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety / G. Toth // Environment International 2016. Vol. 88. P. 299-309. doi: 10.1016/j. envint.2015.12.017.
2. Anjum N.A., Ahmad I., Mohmood I. et al. Modulation of glutathione and its related enzymes in plants responses to toxic metal and metalloids – A review / N.A. Anjum, I. Ahmad, I. Mohmood et al. // Environ. Exp. Bot. 2012. V. 75. P. 307-324.
3. Lukin S.V. Dynamics of agrochemical indicators of fertility of arable soils in the southwestern part of the Central Chernozem regions of Russia / S.V. Lukin // Soil science. – 2017. – № 11. – Pp. 1367-1376.
4. Zhuikov D.V. Monitoring the content of trace elements (Mn, Zn, Co) in agrocenoses of the southwestern part of the Central chernozem region of Russia / D.V. Zhuikov // Agriculture. – 2020. – № 5. Pp. 9-13. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10503.

5. Belimov A.A. Microbiological aspects of stability and accumulation of heavy metals in plants (review) / A.A. Belimov, I.A. Tikhonovich // *Agricultural Biology*. – 2011. – № 3. – Pp. 10-15.
6. Naumkin V.N. Influence of mineral fertilizers on the white lupine seeds yield under cultivation in the Central Black Earth region of Russia / V.N. Naumkin, L.A. Naumkina, O.Yu. Artemova, A.S. Blinnik and A.N. Kryukov // 2021. IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci.* 839 022078 Doi: 10.1088/1755-1315/839/2/022078.
7. Blinnik A.S. Dependence of productivity of white lupine seeds on the foliar dressing with macro- and micronutrient fertilizers / A.S. Blinnik, V.N. Naumkin, L.A. Naumkina, O.Yu. Artemova and A.N. Kryukov // 2021. IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci.* 845 012052 DOI:10.1088/1755-1315/845/1/012052.
8. Orazova I.V. Indicators of soybean varieties productivity depending on seed inoculation and nitrogen fertilization / I.V. Orazova, A.A. Muravyev // *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. – 2021. – Vol. 35. – № 5. – Pp. 45-48. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10507.
9. Protasova N.A. Trace elements (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) in chernozems and gray forest soils of the Central Chernozem region / N.A. Protasova, A.P. Shcherbakov. – Voronezh : Voronezh State University, 2003. – 368 p.
10. Kulikova M.A. Biotesting of soil for cobalt content according to the growth properties of *Avena sativa* L. coleoptiles / M.A. Kulikova, A.G. Stupakov, L.N. Kuznetsova, A.V. Shiryayev // *Innovations in agriculture: problems and prospects*. – 2017. – № 4 (16). – Pp. 63-67.
11. Stupakov A.G. Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical methods / A.G. Stupakov, A.A. Orekhovskaya, M.A. Kulikova, L.A. Manokhina, S.I. Panin, V.I. Geltukhina // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. – 315 (2019). – 052027.
12. GN 2.1.7.2041-06 «Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in soil» Retrieved from: <http://www.rsn-chel.ru/wp-content/uploads/2015/04/GN-2.1.7.2041-06-Postanovlenie-Glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-RF-Predelno-dopustimye-konsentratsii-PDK-himicheskikh-veshhestv-v-pochve.pdf>.
13. Lodygin A.V. Influence of increasing doses of cobalt chloride on morphometric parameters of soy in laboratory conditions : final qualifying work. Direction of training: 35.03.06. Ecology and nature management Profile - Ecology / A.V. Lodygin; ruk. works by M.A. Kulikova; Belgorod State University named after V.Ya. Gorin [et al.]. – Maysky : [B. I.], 2021. – 42 p.

Сведения об авторах

Куликова Марина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова д, 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru

Ступаков Алексей Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru

Лодыгин Андрей Владимирович, магистр агрономического факультета направления подготовки 35.04.04 – Агрономия, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: lodigin_av@bsaa.edu.ru

Морозова Тамара Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова д, 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: morozova_ts@bsaa.edu.ru

Information about authors

Kulikova Marina Alekseevna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor of the Department of agricultural chemistry, land management, ecology and landscape architecture, Belgorod state agricultural UNIVERSITY, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel: +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru

Stupakov Alexey Grigoryevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian UNIVERSITY, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru

Lodygin Andrey Vladimirovich, Master of the Faculty of Agronomy of the field of training 35.04.04 – Agronomy, Belgorod State Agrarian UNIVERSITY, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: lodigin_av@bsaa.edu.ru

Morozova Tamara Sergeevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State UNIVERSITY, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: morozova_ts@bsaa.edu.ru

УДК 633.844.3

Е.А. Пендюрин, А.В. Святченко, Н.Ю. Кирюшина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ ПОЧВОСМЕСИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. Сегодня общая площадь нарушенных земель России составляет около 1,5 млн га. Поэтому одним из основных направлений охраны окружающей среды является рекультивация и мелиорация земель. Восстановительные работы помогают быстрее интегрировать нарушенные земли в природную среду. Рекультивация и мелиорация нарушенных территорий помогает сохранять качественные показатели почвенного покрова, смягчает колебание погодно-климатических условий, и улучшает устойчивость земледелия. Комплексное улучшение окружающей природной среды предполагает использование вместо почвы искусственную почвосмесь, которая наносится на спланированную поверхность нарушенной территории при проведении биологического этапа рекультивации.

В работе показаны 7 составов искусственных почвосмесей, содержащие следующие компоненты, масс %: глина 20-35, цитрогипс 5-20, зоокомпост личинки мухи чёрной львинки 5-30, отходы мокрой магнитной сепарации обогащения железной руды 5-20, цеолит 5-10, песок – остальное. По химическому составу искусственная почвосмесь не уступает контрольному образцу – типичной почве Белгородской области. В качестве сельскохозяйственной культуры для посева использовали кресс-салат «Весенний». Разработанные составы искусственных почвосмесей показали прибавку урожая кресс салата по отношению к черноземной почве.

В ходе исследований было установлено, что приготовленные составы искусственных почвосмесей не фитотоксичны, так как их фитотоксичность не превышает 20%, и могут быть использованы в промышленном производстве. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования разработанных почвосмесей при проведении биологического этапа рекультивации путем нанесения на спланированную поверхность нарушенной территории.

Ключевые слова: нарушенные территории, рекультивация, мелиорация, искусственная почвосмесь.

USE OF ARTIFICIAL SOIL MIXTURE FOR RESTORATION OF DISTURBED TERRITORIES

Abstract. Today, the total area of disturbed lands in Russia is about 1.5 million hectares. Therefore, one of the main directions of environmental protection is land reclamation and reclamation. Restoration works help to integrate disturbed lands into the natural environment faster. Reclamation and reclamation of disturbed territories helps to maintain the quality indicators of soil cover, softens fluctuations in weather and climatic conditions, and improves the sustainability of agriculture. Comprehensive improvement of the natural environment involves the use of an artificial soil mixture in place of the soil, which is applied to the planned surface of the disturbed area during the biological stage of reclamation.

The paper shows 7 compositions of artificial soil mixtures containing the following components by weight %: clay 30-35, citrogips 15-20, zookompost of Black Lion fly larvae 10-20, waste of wet magnetic separation of iron ore enrichment 5-20, zeolite 5-10, sand – the rest. The chemical composition of the artificial soil mixture is not inferior to the control sample – a typical soil of the Belgorod region. As an agricultural crop, «Vesenniy» lepidium sativum was used for sowing. The developed compositions of artificial soil mixtures showed an increase in the yield of watercress in relation to chernozem soil.

During the research, it was found that the prepared compositions of artificial soil mixtures are not phytotoxic, since their phytotoxicity does not exceed 20 %, and can be used in industrial production. The results obtained indicate the possibility of using the developed soil mixtures during the biological stage of reclamation by applying to the planned surface of the disturbed territory.

Keywords: derelict land, land restoration, agricultural hydraulics, artificial soil and subsoil.

Введение. Активное участие хозяйственной деятельности человека приводит к увеличивающейся площади нарушенных земель. В результате постоянной эксплуатации они испытывают серьезную техногенную нагрузку. Это проявляется в изменении рельефа местности, его покровных образований, неестественных для определенной местности природно-техногенных систем, включая образование антропогенного ландшафта. Ввиду ежегодно увеличивающихся таких территорий во всем мире, проблема рекультивации земель стоит остро. Почвенный покров является одним из составляющих природной среды, который выполняет как экологическую, так и социально-экономическую функцию. Территория, которая теряет

свою первоначальную природную и экономическую ценность, начинает оказывать негативное воздействие на окружающую среду и считается нарушенной.

Черноземы – плодородные почвы, которые являются резервуаром хранения запасов гумуса, значения которых доходит до 600 т/га. Россия является обладателем более половины таких земель в мире по площади. При этом, следует отметить, что черноземы составляют только 6% территории России и на их долю относят порядка 40% получаемой сельхозпродукции.

В настоящее время общая площадь нарушенных земель России составляет 1,5 миллиона гектаров. Поэтому одним из основных направлений охраны окружающей среды является мелиорация и рекультивация земель [1].

Белгородская область расположена в самом сердце европейской части России, с относительно благоприятными природно-климатическими условиями и плодородными почвами. По состоянию на 1 января 2020 года площадь нарушенных земель в регионе составляет 6500 га. Следует отметить, что в Белгородской области насчитывается 328 карьеров открытого типа, из которых 84 уже добыты, и 176 заброшенных. В связи с этим рекультивация и мелиорация земель является неотъемлемой частью технологического процесса на предприятиях, деятельность которых связана с нарушениями земель, которая поможет сохранять качественные показатели почвенного покрова, смягчает колебание погодно-климатических условий, улучшает устойчивость земледелия [2].

Восстановительные работы помогают быстрее интегрировать нарушенные земли в природную среду. При рекультивации нарушенной территории вопрос выбора наиболее эффективной реализации становится особенно актуальным, а реализация программы с наименьшими затратами даст самые высокие результаты и повысит экономическую ценность рекультивируемой территории. Для решения этих проблем необходимо оценить различные методы восстановления территорий с учетом факторов и методов их реализации. В современных условиях приобретает важное значение использование нетрадиционных разнообразных местных сырьевых ресурсов для рекультивации нарушенных территорий.

Изучаемая технология может быть использована для создания искусственных почвосмесей, которые можно применять для восстановления нарушенных земель на биологическом этапе. Это необходимо для самоочищения почвы, ускорения процессов почвообразования и воспроизводства биоценозов. Благодаря биологической рекультивации получается ликвидировать нанесенный ландшафту ущерб.

Искусственная почвосмесь – это сочетание инертных компонентов, приготовленных специальным образом, по составу напоминающих почву. В своем соединении это влагоемкий сорбционный материал и органическое вещество. На искусственных почвосмесях, как и на природной земле, воссоздается природная среда обитания, где могут расти практически все растения. Искусственная почвосмесь может применяться для повышения плодородия бедных почв, а также при выращивании сельскохозяйственных культур. Следует отметить, что возможно создание состава для таких культур.

Искусственная почвосмесь, близка к природной, но отличается качеством и чистотой с точки зрения экологии. К недостаткам можно отнести необходимость приобретения отдельных сопутствующих материалов. Поэтому увеличение выбора искусственных почвосмесей с высокими плодородными свойствами является актуальной научно-технической задачей [3-9].

Комплексное улучшение окружающей природной среды предполагает использование вместо почвы искусственной почвосмеси, которая наносится на спланированную поверхность нарушенной территории. Разработанный многокомпонентный состав искусственной почвосмеси с заданными физико-химическими свойствами включает в себя смесь, состоящую из глины, цеолита, цитрогипса, биокомпоста личинки мухи черной львинки, отхода мокрой магнитной сепарации железной руды и песка [10]. При таком составе образуется плодородная высокопитательная почвосмесь за счет протекания химических процессов между всеми компонентами смеси.

Исследуемый способ восстановления нарушенных территорий, предлагает перерабатывать отходы различных производств, не нашедших дальнейшего применения, используя их повторно в технологическом цикле. Это существенно снижает техногенную нагрузку на окружающую среду и помогает создать мало- или безотходные технологии [11].

Цель данной работы состояла в комплексном улучшении окружающей природной среды территории, утратившей первоначальную природно-хозяйственную ценность на основе разработки комплексного учета факторов эколого-экономического механизма оценки и выбора варианта проведения рекультивационных работ нетрадиционными мелиорантами.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были разработаны образцы искусственных почвосмесей на основе биокомпоста черной львинки в качестве нетрадиционных мелиорантов.

С целью пригодности использования разработанных искусственных почвосмесей в качестве нетрадиционных мелиорантов, анализируемые образцы почвосмесей исследовали: воздушно-тепловым, спектрофотометрическим, потенциометрическим, титриметрическим, кондуктометрическим методами.

Экспериментальные исследования. Приготовление искусственной почвосмеси происходит путем перемешивания неоднородных исходных компонентов, которые могут значительно различаться по физическим, химическим и биологическим характеристикам. Глину, цеолит, цитрогипс, биокомпост личинки мухи черной львинки, отходы мокрой магнитной сепарации железной руды, песок смешивают в лопастной мешалке. При необходимости предварительно измельчают в шнековой дробилке. Разработанный многокомпонентный состав искусственной почвосмеси выдерживался и оценивался в лабораторном эксперименте.

Искусственная почвенная смесь может считаться качественной, если она соответствует основным нормативным характеристикам и показателям, а также требованиям обеспечения оптимальных свойств искусственной почвосмеси для разного применения.

В основу создания образцов искусственных почвосмесей положены технические условия производства питательных грунтов. Известно, что почва представляет собой физический песок, физическую глину и органическое вещество, из этого определения и следовал выбор различных составов почвосмесей.

Аналізу подвергались исходные компоненты искусственной почвосмеси (табл.1-5). Химический состав глины представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав глины

Содержание компонентов, %								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	n.n.n.
45-66	14-23	0,5-1,6	3,0-5,0	1,0-2,0	0,1-0,5	2,0-2,5	0,5-1,5	4,0-7,0

n.n.n. – потери при прокаливании

Глина – минерал, обладающий уникальными молекулярно-сорбционными и ионообменными свойствами. Вследствие значительного количества оксида калия в составе, а также благодаря возможности изменять технологические показатели минерала путем химического и структурного модифицирования, глина может применяться в производстве искусственных почвосмесей (рН = 6,91).

Химический состав песка представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Химический состав песка

Содержание компонентов, %					
SiO ₂	FeO ₂ +Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₂	n.n.n.
75,0-94,0	2,6-4,2	0,5-2,0	0,0-0,4	0,10-0,80	1,5-4,0

Песок – это измельченные и обточенные водой частицы горных пород, он способен существенно улучшить физиологические свойства почвосмеси. Песок обеспечивает влаго- и воздухопроницаемость почвенной смеси и способствует ее прогреванию (рН = 7,01).

Зоокомпост личинки мухи черная львинка представляет собой мелкогранулированную рыхлую массу коричневого цвета с хорошо выраженным древесно-земляным запахом и оттенком присутствия соединений аммиака. Для получения зоокомпоста нами использовались измельченные опилки, некондиционные пищевые продукты торговых сетей, некондиционное зерно. Перед использованием органические отходы освобождались от упаковки, при необходимости предварительно измельчались до однородной гомогенной массы. В данную субстанцию помещали личинки, в течение нескольких дней перерабатывающие субстрат. По завершению этого периода отделяли личинки от переработанных органических отходов посредством просеивания (рН=7,64). Эти переработанные отходы непосредственно используются в качестве органического элемента в разработанной искусственной почвосмеси.

Химический состав зоокомпоста представлен в табл. 3.

Таблица 3 – Химический состав зоокомпоста, %

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Углерод	Зола	Микро-элементы	CaO	MgO	Вода
2-3	1-3	1-3	15-45	5-6	1-6	0,7-2	0,3-0,5	20-50

Цеолит – это природный минерал, важным молекулярно-сорбционным свойством которого является способность к ионному обмену, что дает возможность избирательно поглощать и выделять разные вещества и обменивать катионы (рН=6,93). Химический состав приведен в табл. 4.

Таблица 4 – Химический состав цеолита

Содержание компонентов, %								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	прочие
72,85	10,41	0,57	3,64	1,52	1,32	1,70	0,23,	остальное

Цитрогипс – это отход производства лимонной кислоты, химический состав которого представлен в табл. 5.

Таблица 5 – Химический состав цитрогипса

Содержание компонентов, %					
SiO ₂	SO ₃	CaO	MgO	R ₂ O	n.n.n.
0,2-1,7	38,3-45,5	29,7-32,6	0,1-0,4	0,3-1,2	22,0-28,4

Цитрогипс содержит необходимые для жизнедеятельности растений элементы, такие как S, Si и Ca, Mg, которые хорошо сочетаются с органической составляющей искусственной почвосмеси и усиливают их эффективность (рН=4,67).

Отходы мокрой магнитной сепарации железной руды представляют собой пустую породу процесса обогащения железной руды. Химический состав приведен в табл. 6.

Таблица 6 – Химический состав отходов мокрой магнитной сепарации обогащения железной руды

Содержание компонентов, %												
Fe _{общ.}	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	CO ₂	S	P	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ti ₂ O	n.n.n.
10-15	2-3	65-75	4-8	2-4	0,1-0,3	0,1-0,2	2-4	4,5-5,0	0,4-0,6	0,7-0,8	0,1-0,2	4-5

Отходы мокрой магнитной сепарации обогащения железной руды, входящие в состав искусственной почвы, существенно улучшает микроклимат почвосмеси, способствуют улучшению механического состава и структуры грунтов, улучшают гранулометрический состав и водно-физические свойства почвосмеси рН=7,74.

Нами были приготовлены 7 составов искусственных почвосмесей представленных в таблице 7. рН разработанных составов почвосмесей находился в диапазоне нейтральной и слабощелочной среды 6,95-7,27 Контролем была выбрана почва – чернозем типичный Белгородской области.

Таблица 7 – Компонентный состав искусственной почвосмеси, %

Состав	Глина	Цеолит	Цитрогипс	Биокомпост	Отходы мокрой магнитной сепарации	Песок
1	35	10	20	20	5	10
2	30	10	15	15	15	15
3	35	10	10	15	20	10
4	25	5	5	30	10	30
5	20	10	20	25	15	10
6	35	5	15	5	20	20
7	35	5	15	10	15	20
Контроль – чернозем типичный Белгородской области						

Полученные экспериментальные образцы искусственной почвосмеси перед использованием проверяли на фитотоксикологические характеристики. Было установлено, что все образцы являются не фитотоксичными (фитотоксичность не превышает 20%), ввиду чего могут применяться в искусственных почвосмесях [12-13].

Разработанные составы искусственных почвосмесей в количестве 2 кг каждый в 3-кратной повторности помещали в емкость для исследования. В качестве сельскохозяйственной культуры для посева использовали кресс-салат «Весенний». Норма сева 1 г/м², глубина до 1 см. Кресс-салат был собран через 10 дней после полных всходов. Показатели урожайности представлены в табл. 8.

Из таблицы 8 видно, что проанализированные многокомпонентные составы искусственной почвосмеси с заданными физико-химическими свойствами показали прибавку урожая кресс-салата по отношению к черноземной почве. Составы искусственной почвосмеси 1, 2, 4, 7 превосходят урожайность по отношению к контролю. Данные составы могут быть рекомендованы для выращивания растений в производственных условиях и в использовании на биологическом этапе при рекультивации техногенно-нарушенных территорий.

Таблица 8 – Показатели урожайности искусственных почвосмесей

Составы искусственных почвосмесей	Урожайность, кг/сосуд	Прибавка урожая, кг
Контрольный состав (почва)	0,15	-
1	0,21±0,005	+0,06
2	0,18±0,005	+0,03
3	0,15±0,005	-
4	0,19±0,005	+0,04
5	0,14±0,005	-0,01
6	0,14±0,005	-0,01
7	0,15±0,005	+0,04

НСР_{0,95}-0,017

Следует отметить, что разработанная искусственная почвосмесь не уступает контрольному образцу – типичной почве Белгородской области. Комплексное улучшение окружающей природной среды предполагает использование вместо почвы искусственной почвосмеси, которая наносится на спланированную поверхность нарушенной территории.

Выводы. В настоящее время общая площадь нарушенных земель России составляет около 1,5 миллиона гектаров. Поэтому одним из основных направлений охраны окружающей среды является рекультивация и мелиорация земель. Восстановительные работы помогают быстрее интегрировать нарушенные земли в природную среду. Комплексное улучшение окружающей природной среды предполагает использование вместо почвы искусственную почвосмесь, которая наносится на спланированную поверхность нарушенной территории при проведении биологического этапа рекультивации.

Разработанная искусственная почвосмесь уменьшает вредное воздействие на окружающую среду путем исключения длительного хранения и накопления отходов промышленных производств. Также данная разработка, благодаря использованию отходов в новом технологическом цикле, способствует созданию мало- или безотходных технологий. По химическому составу искусственная почвосмесь не уступает контрольному образцу – типичной почве Белгородской области.

Приготовленные составы искусственных почвосмесей не фитотоксичны, так как их фитотоксичность не превышает 20%, и могут быть использованы в промышленном производстве.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования разработанных почвосмесей при проведении биологического этапа рекультивации путем нанесения на спланированную поверхность нарушенной территории.

Работа выполнена с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2019-070 от 29.11.2019 г.

Библиография

1. Соловиченко В.Д., Навольнева Е.В., Ступаков А.Г., Куликова М.А. Воспроизводство плодородия почв – это основа роста продуктивности сельскохозяйственных культур // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Курск, 2015. С. 190-194.
2. Даниленко Е.П., Акулова А.А., Барышенская О.Н. Рекультивация нарушенных земель и устранение накопленного вреда окружающей среде города Белгород // Вектор ГеоНаук. 2020. № 3 (1). С. 62-70.
3. Cairns J.Jr. Biological monitoring part I. Early warning systems // Water Research. 2005. № 14. P. 1179-1196.
4. Константинова К.А. Рекультивация, мелиорация и консервация нарушенных земель // Рациональное использование природных ресурсов: специфика и экономические условия формирования: Материалы научно-практической конференции. Кемерово, 2015. С. 19-23.
5. Бабакова О.В., Артеменко С.Е., Тарханова Л.А. Полимерсодержащая искусственная почва для восстановления и создания ландшафтов // Экология и промышленность России. 2006. № 2. С. 22-24.
6. Гурина И.В., Иванова Н.А., Михеев П.А. Теоретическое обоснование биологической рекультивации золоотвалов методом растительной мелиорации // Природообустройство. 2012. № 4. С. 26-29.
7. Сабитов М.М., Карпович К.И., Кузина Е.В. Обработка почвы – доступный, эффективный агротехнологический приём по сохранению и восстановлению плодородия почв // Агромир Поволжья. 2012. № 2 (6). С. 14-18.
8. Морозов Д.О., Рудаков В.О., Епишина Г.П., Березина Н.В. Искусственная почва. Патент RU № 2345518, опубликован 10.02.2009. Бюл. № 4.
9. Патент RU № 2067969, МПК C05F 11/04, C09K 17/00. Почвогрунт для выращивания растений / Ермаков Е.И. и др.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество закрытого типа «Транс РЭС» опубликован 10.20.1996.
10. Патент RU 2733662, МПК C05F11/00, C05F3/00, C05G3/00. Искусственная почвосмесь на основе биокомпоста Черная львинка / Пендюрин Е.А. и др.; заявитель и патентообладатель БГТУ им В.Г. Шухова. опубликован 10.06.2020.
11. Bashkin V. Modern biogeochemistry. New-York : Kluwer Academic publishers. 2002. 561 p.
12. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности. Методические рекомендации МР 2.1.7.2297-07. [Электронный ресурс]: http://www.infosait.ru/norma_doc/52/52957/index.htm (Дата обращения 1.03.2022).
13. Пендюрин Е.А., Смоленская Л.М., Рыбин В.Г., Рыбина С.Ю. Оценка пригодности техногенных грунтов для рекультивации нарушенных территорий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 151-153.

References

1. Solovichenko V.D., Navol'neva E.V., Stupakov A.G., Kulikova M.A. Vosproizvodstvo plodorodiya pochv – eto osnova rosta produktivnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Agroekologicheskie problemy pochvovedeniya i zemledeliya. Sbornik dokladov nauchno-prakticheskoy konferencii Kurskogo otdeleniya MОО «Obshchestvo pochvovedov imeni V.V. Dokuchaeva». Kursk, 2015. S. 190-194.
2. Danilenko, E.P., Akulova, A.A., Baryshenskaya, O.N. Reclamation of disturbed lands and elimination of accumulated damage to the environment of the city of Belgorod. Vector of Geosciences. 2020. 3 (1). Pp. 62-70.
3. Cairns J.Jr. Biological monitoring part I. Early warning systems // Water Research. 2005. № 14. P. 1179-1196.

4. Konstantinova K.A. Rekul'tivaciya, melioraciya i konservaciya narushennyh zemel' // Racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov: specifika i ekonomicheskie usloviya formirovaniya: Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Kemerovo, 2015. S. 19-23.
5. Babakova O.B., Artemenko S.E., Tarhanova L.A. Polimersoderzhashchaya iskusstvennaya pochva dlya vosstanovleniya i sozdaniya landshaftov // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2006. № 2. S. 22-24.
6. Gurina I.V., Ivanova N.A., Miheev P.A. Teoreticheskoe obosnovanie biologicheskoy rekul'tivacii zoolotvalov metodom rastitel'noj melioracii // Prirodoobustrojstvo. 2012. № 4. S. 26-29.
7. Sabitov M.M., Karpovich K.I., Kuzina E.V. Obrabotka pochvy – dostupnyj, effektivnyj agrotekhnologicheskij priyom po sohraneniyu i vosstanovleniyu plodorodiya pochv // Agromir Povolzh'ya. 2012. № 2 (6). S. 14-18.
8. Morozov D.O., Rudakov V.O., Epishina G.P., Berezina N.V. Iskusstvennaya pochva. Patent RU № 2345518, opublikovan 10.02.2009. Byul. № 4.
9. Patent RU № 2067969, MPK C05F 11/04, C09K 17/00. Pochvogrunt dlya vyrashchivaniya rastenij / Ermakov E.I. i dr.; zayavitel' i patentoobladatel' Akcionernoe obshchestvo zakrytogo tipa «Trans RES» opublikovan 10.20.1996.
10. Patent RU 2733662, MPK S05F11/00, S05F3/00, S05G3/00. Iskusstvennaya pochvosmes' na osnove biokomposta Chernaya l'vinka / Pendyurin E.A. i dr.; zayavitel' i patentoobladatel' BGTU im V.G. SHuhova opublikovan 10.06.2020.
11. Bashkin V. Modern biogeochemistry. New-York : Kluwer Academic publishers. 2002. 561 p.
12. Obosnovanie klassa opasnosti othodov proizvodstva i potrebleniya po fitotoksichnosti. Metodicheskie rekomendacii MP 2.1.7.2297-07. [Elektronnyj resurs]: http://www.infosait.ru/norma_doc/52/52957/index.htm/ (Data obrashcheniya 1.03.2022).
13. Pendyurin E.A., Smolenskaya L.M., Rybin V.G., Rybina S.Yu. Ocenka prigodnosti tekhnogennyh gruntov dlya rekul'tivacii narushennyh territorij // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2013. № 3. S. 151-153.

Сведения об авторах

Пендюрин Евгений Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры промышленной экологии БГТУ им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, Россия, 308012.

Святченко Анастасия Владимировна, ст. преподаватель кафедры промышленной экологии БГТУ им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, Россия, 308012.

Кирюшина Наталья Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии БГТУ им. В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, Россия, 308012.

Information about authors

Evgeniy A. Pendyurin, candidate of agricultural Sciences, associate Professor of the Department of industrial ecology, V.G. Shukhov BSTU, 46 Kostyukova str., Belgorod, Russia, 308012.

Anastasia V. Svyatchenko, senior lecture of the Department of industrial ecology, V.G. Shukhov BSTU, 46 Kostyukova str., Belgorod, Russia, 308012.

Nataliya Yu. Kiryushina, candidate of engineering Sciences, associate Professor of the Department of industrial ecology, V.G. Shukhov BSTU, 46 Kostyukova str., Belgorod, Russia, 308012.

УДК 635.655:632(075.8):631.303

С.В. Резвякова, Л.П. Еремин, А.В. Таракин, Н.И. Ботуз

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОПРЕПАРАТОВ В ЗАЩИТЕ ПОСЕВОВ СОИ ОТ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ И ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА СЕМЯН

Аннотация. Целью настоящих исследований является разработка биологизированной защиты сои от грибных болезней и снижение пестицидной нагрузки на агробиоценоз. Исследования проводили в 2020 и 2021 гг. на опытном поле НОПЦ «Интеграция» Орловского государственного аграрного университета в зерновом севообороте на темно-серой лесной среднесуглинистой почве. Предшественником сои была озимая пшеница. Сорт сои Мезенка, семена 1-й репродукции. Посев проводили в начале третьей декады мая протравленными семенами фунгицидом Максим, КС. Посевы обрабатывали химическим фунгицидом Винтаж, МЭ, биофунгицидом Витаплан, СП и биостимулятором Нигор++ в фазу бутонизации (2-я декада июля). Учет степени развития и распространенности болезней проводили непосредственно перед обработкой и через 14 и 21 день после обработки в соответствии с общепринятой методикой. Обработка посевов биофунгицидом Витаплан, биостимулятором Нигор++ и химическим фунгицидом Винтаж оказали существенное влияние на распространенность и развитие грибных болезней. Биологическая эффективность препаратов по сравнению с контролем в фазу полного формирования бобов составила 19; 17 и 46% соответственно. Проведение защитных мероприятий против возбудителей грибных болезней сои позволило получить прибавку урожайности по сравнению с контролем на 11,2-20,5%. Максимальная урожайность получена на варианте с фунгицидом химической природы. Биопрепараты оказали одинаковое влияние на урожайность сои. В семенах сои содержание протеина варьировало в пределах 39,2-39,9%, масличность – 21,0-22,3%, что на уровне контрольного варианта. Изучаемые средства защиты не оказали влияния на качественные показатели семян.

Ключевые слова: соя, биопрепараты, грибные болезни, урожайность, качество семян.

THE EFFECTIVENESS OF BIOLOGICAL PRODUCTS IN PROTECTING SOYBEAN CROPS FROM FUNGAL DISEASES AND INCREASING THE YIELD AND QUALITY OF SEEDS

Abstract. The purpose of these studies is to develop a biologized protection of soybeans from fungal diseases and reduce the pesticide load on the agrobiocenosis. The research was carried out in 2020 and 2021 on the experimental field of the NOPC «Integration» of the Orel State Agrarian University in grain crop rotation on dark gray forest medium loamy soil. The predecessor of soybeans was winter wheat. Soybean variety Mezenka, seeds of the 1st reproduction. Sowing was carried out at the beginning of the third decade of May with pickled seeds with the fungicide Maxim, KS. The crops were treated with the chemical fungicide Vintage, ME, biofungicide Vitaplan, SP and biostimulator Nigor++ in the budding phase (2nd decade of July). The degree of development and prevalence of diseases was taken into account immediately before treatment and 14 and 21 days after treatment in accordance with the generally accepted methodology. The treatment of crops with Vitaplan biofungicide, Nigor++ biostimulator and Vintage chemical fungicide had a significant impact on the prevalence and development of fungal diseases. The biological efficacy of the preparations compared with the control in the phase of complete bean formation was 19; 17 and 46%, respectively. Carrying out protective measures against pathogens of fungal diseases of soybeans allowed to obtain an increase in yield compared to the control by 11.2-20.5%. The maximum yield was obtained on the variant with a fungicide of chemical nature. Biologics had the same effect on soybean yield. In soybean seeds, the protein content varied in the range of 39.2-39.9%, oil content – 21.0-22.3%, which is at the level of the control variant. The studied means of protection did not affect the quality indicators of seeds.

Keywords: soy, biological products, fungal diseases, yield, seed quality.

Введение. В современных условиях развития аграрного производства соя является ведущей зернобобовой культурой. Это обусловлено богатым и сбалансированным биохимическим составом семян и широким их использованием в различных отраслях экономики [1, 2, 3, 4]. Кроме того, благодаря симбиотической азотфиксации, соя является ценным предшественником в севообороте для большинства сельскохозяйственных культур [5, 6, 7].

В последние десятилетия созданы сорта, которые отличаются устойчивостью к дестабилизирующим абиотическим факторам, характерным для северных областей Центрально-Черноземного региона [8, 9, 10]. Новые сорта сои селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур Мезенка, Зуша, Шатиловская 17 и другие успешно возделываются на полях Орловской области [11, 12]. Однако реализация потенциала продуктивности во многом зависит от

своевременной и научно обоснованной защиты растений от вредных факторов, таких как конкуренция со стороны сорных растений, вредители и возбудители болезней [13, 14, 15, 16].

Целью настоящих исследований является разработка биологизированной защиты сои от грибных болезней и снижение пестицидной нагрузки на агробиоценоз.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2020 и 2021 гг. на опытном поле НОПЦ «Интеграция» Орловского государственного аграрного университета в зерновом севообороте на темно-серой лесной среднесуглинистой почве. Предшественником сои была озимая пшеница. Кислотность почвы – 5,7. В почве содержится 11,5 мг/100 г P₂O₅, 10,9 мг/100 г K₂O, 4,1% гумуса. Сорт сои Мезенка, семена 1-й репродукции. Посев проводили в начале третьей декады мая протравленными семенами фунгицидом Максим, КС.

Посевы обрабатывали химическим фунгицидом Винтаж, МЭ, биофунгицидом Витаплан, СП и биостимулятором Нигор++ в фазу бутонизации (2-я декада июля). Учет степени развития и распространенности болезней проводили непосредственно перед обработкой и через 14 и 21 день после обработки в соответствии с общепринятой методикой. Состояние растений сои в день обработки хорошее.

Метеоусловия в день обработки были следующие: температура +24°C, влажность 48%, облачность 2 балла, скорость ветра 4 м/с. Осадки не выпадали. Уборку урожая сои проводили в первых числах октября. В таблице 1 приведена характеристика используемых препаратов и способы применения.

Таблица 1 – Характеристика фунгицидов и способы применения

Используемые фунгициды, действующее вещество, механизм действия	Болезни, на которые действует фунгицид	Норма и особенности применения
Витаплан, СП (титр10+10КОЕ/г) <i>Bacillus subtilis</i> . Штамм ВКМ-В-2604D + <i>Bacillus subtilis</i> . Штамм ВКМ-В-2605D. Препарат блокирует зооспорангии грибковых болезней.	Фузариозные корневые гнили, септориоз, аскохитоз, пероноспороз, бактериоз	Опрыскивание 30 г/га, 200 л/га воды
Новый комплексный биостимулятор Нигор++ экзометаболиты <i>Trichoderma atroviride</i> ВКПМ F-1434 в соотношении компонентов 1:1. Защитно-стимулирующее биологическое средство	Церкоспороз, аскохитоз, антракноз, септориоз, фузариоз	Опрыскивание в период вегетации: 15 г/га, 200 л/га воды
Винтаж, МЭ (Дифеноконазол+Флутриафол (65 г/л+25 г/л)) Препарат обладает системным действием. Дифеноконазол и Флутриафол ингибирует синтез стеролов, вызывая нарушение проницаемости клеточных мембран, остановку деления клеток и гибель патогена.	Аскохитоз, антракноз, септориоз, фузариоз	Опрыскивание в период вегетации: 0.7л/га, 200л/га, воды

Для оценки степени развития грибных болезней применяли комбинированную процентно-балльную шкалу: 0 – отсутствие болезни; 1 – поражено до 10% поверхности; 2 – от 1 до 25%; 3 – от 26 до 50%; 4 – свыше 50% поверхности. Для отбора проб применяли рамку 0,5x0,5=0,25м².

Для расчета биологической эффективности применяли формулу $C = (A - B / A) \times 100$, где: С – биологическая эффективность в %; А – пораженность растений болезнями до обработки или без обработки; В – то же после обработки.

Учеты проводили методом подсчета больных растений в четырёхкратной повторности на каждом варианте.

Результаты и обсуждение. Влияние препаратов на проявление грибных болезней сои проходило на фоне использования протравителя семян, который способен в значительной степени снизить развитие и распространенность болезней культуры, особенно в начальный период роста. Это подтвердили результаты учета болезней в фазу бутонизации в середине июля. В этот период были отмечены единичные проявления корневых фузариозных гнилей.

Особенностью наблюдений за развитием болезней в фазу образования бобов в конце июля являлись благоприятные погодные условия: если осадки, выпавшие в июне, еще могли спровоцировать распространение и развитие болезней, то в дальнейшем сухая погода сдерживала их проявление. Развитие болезни было минимальным и не превышало одного, двух баллов. Поэтому нами отмечался только показатель распространенности болезней.

Учитывали наличие таких инфекционных болезней, как фузариоз, аскохитоз, пероноспороз, альтернариоз (табл. 2).

Таблица 2 – Распространенность болезней сои в фазу образования бобов (конец июля)

№	Вариант	Количество раст., шт./м ²	Кол-во раст., пораженных фузариозом, шт.	Кол-во раст., пораженных аскохитозом, шт.	Кол-во раст., пораженных антракнозом, шт.	Распространенность болезней, %
1	Контроль	30,5	4,6	3,7	4,6	42,3
2	Витаплан, СП	32,4	4,0	3,0	2,6	29,6
3	Нигор++	31,5	4,6	3,7	3,0	35,9
4	Винтаж, МЭ	32,0	2,0	2,0	0,6	14,4

На контрольном варианте отмечена максимальная распространенность грибных болезней – 42,3%. Биофунгицид Витаплан снизил данный показатель на 12,7%, биостимулятор Нигор++ – на 6,4%. В варианте с Витапланом это обусловлено антагонистическими отношениями между полезными штаммами микроорганизмов и возбудителями грибных болезней. В варианте с биопрепаратом Нигор++ снижение распространенности болезней связано с иммуностимулирующим действием на растения сои и подавлением возбудителей болезней экзо-метаболитами *Trichoderma atroviride* ВКПМ F-1434. На варианте с химическим фунгицидом Винтаж получен значительно лучший результат. Так, распространенность болезней снизилась на 27,9% и составил 14,4%.

Выявлены единичные поражения нижних листьев аскохитозом и альтернариозом, а также, частично на корнях проявлялся фузариоз, проявление ложной мучнистой росы (пероноспороз) в связи с сухой погодой в этот период не отмечено.

Результаты учетов влияния используемых препаратов на проявление болезней сои в фазу полного формирования бобов в конце первой декады августа приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Учет развития болезней растений сои в фазу полного формирования бобов

Вариант	Всего растений, шт.	Больных растений, шт.	Развитие болезней, %	Биологическая эффективность, %
Контроль	100	48	48	–
Витаплан, СП	100	39	39	19
Нигор++	100	40	40	17
Винтаж, МЭ	100	26	26	46
НСР ₀₅	-	-	-	3,48

Выявлено, что биопрепараты Витаплан и Нигор++ оказали одинаковое влияние на развития болезней (39 и 40%), биологическая эффективность составила 19 и 17% соответственно.

Химический фунгицид Винтаж подавлял возбудителей грибных болезней сои в наибольшей степени. По отношению к контролю развитие болезней снизилось на 22%. Биологическая эффективность составила 46%.

Следует отметить, что, несмотря на благоприятные метеоусловия в плане сдерживания развития болезней в первую половину вегетации, применяемые биопрепараты оказали важную роль в регулировании фитосанитарного состояния посевов сои. Наблюдения показали, что изучаемые средства защиты предотвращали распространение болезней до фазы пол-

ного формирования бобов. С середины августа прохладная и сырая погода спровоцировала активное развитие возбудителей грибных болезней.

Анализ результатов учета урожайности сои показал максимальное защитное действие химического фунгицида Винтаж от грибных болезней, т.к. повышение урожайности составило 3,3 ц/га или 20,5% по сравнению с контролем (табл. 4).

На вариантах с биопрепаратами Витаплан и Нигор++ также получена достоверная прибавка урожайности сои – на 13,7 и 11,2% соответственно.

Таблица 4 – Урожайность и качество семян сои в зависимости от применения средств защиты от грибных болезней (влажность 14%)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю		Протеин, %	Масличность, %
		ц/га	%		
Контроль	16,1	-	-	39,9	21,2
Витаплан, СП	18,3	2,2	13,7	39,9	21,0
Нигор++	17,9	1,8	11,2	39,4	22,1
Винтаж, МЭ	19,4	3,3	20,5	39,2	22,1
НСР ₀₅	1,64	-	-	F _φ <F _г	F _φ <F _г

В семенах сои содержание протеина варьировало в пределах 39,2-39,9%, масличность – 21,0-22,3%, что на уровне контрольного варианта. Изучаемые средства защиты, практически, не оказали влияния на качественные показатели семян. Отмечена тенденция повышения масличности при использовании биостимулятора Нигор++ и химического фунгицида Винтаж.

Заключение.

1. Протравливание семян сои фунгицидом Максим, КС способствовало защите культуры от грибных болезней до первой декады июля.

2. Обработка посевов биофунгицидом Витаплан, биостимулятором Нигор++ и химическим фунгицидом Винтаж оказала существенное влияние на распространенность и развитие грибных болезней. Биологическая эффективность препаратов по сравнению с контролем в фазу полного формирования составила 19; 17 и 46% соответственно.

3. Проведение защитных мероприятий против возбудителей грибных болезней сои позволило получить прибавку урожайности по сравнению с контролем на 11,2-20,5%. Максимальная урожайность получена на варианте с фунгицидом химической природы. Биопрепараты оказали одинаковое влияние на урожайность сои.

Библиография

1. M. Brooks M. In: Wood head publishing series in textiles. Biodegradable and sustainable fibres. Cambridge. 2005. V. 47. P. 398-440. DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845690991.398>.
2. L.A. Samofalova, N.A. Berezina, O.V. Safronova, T.O. Kunitsyna. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, Russian Federation. 2021. № 12218.
3. B. Stobaugh, L. Florez-Palacios, P. Chen, M. Orazaly. Journal of Crop Improvement. 2017. № 31 (2). P. 247-260. DOI: <https://doi.org/DOI:10.1080/15427528.2017.1287807>.
4. R. Wilson. In: Soybeans: improvement, production and uses. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. 2004. P. 621-677.
5. J. Clúa, Roda, M. Zanetti, F. Blanco. Genes (Basel). 2018. № 9 (3). P. 125. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes9030125>.
6. A. Al-Falih. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2002. № 5 (11). P. 1277-1293. DOI: <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2002/1277-1293.pdf>
7. Ю.В. Косульников, Ю.В. Лактионов. Сельскохозяйственная биология. 2018. № 53 (5). С. 1037-1044. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1037.
8. N.I. Kloster and V.B. Azarov. International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021) BIO Web of Conferences. 2021. V. 36. № 03010. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213603010>.

9. М. Вишнякова, И.В. Сеферова. The journal of the International Legume Society. Novi Sad. Serbia, 2013. № 1. P. 7-9.
10. И.В. Сеферова. Масличные культуры. 2016. № 3 (167). С. 101-105.
11. В.Н. Зайцев, А.И. Зайцева, В.И. Мазалов. Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 73-77. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11188.
12. Е.В. Головина, В.И. Зотиков. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ: монография. Орел, 2019. 318 с.
13. 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.
14. Муравьев А. А. Особенности формирования урожайности и качества семян различных сортов сои при использовании биопрепарата Биогор, Ж // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 5. С. 45-48. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10507.
15. S. Rezvyakova, L. Eremin, P. Matveychuk, E. Mitina. В сборнике: E3S Web of Conferences, 247. 2. Ser. «International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021». <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124701046>
16. С.В. Резвякова, Л.П. Еремин. Вестник аграрной науки. 2021. № 3 (90). С. 77-83.

References

1. M. Brooks M. In: Wood head publishing series in textiles. Biodegradable and sustainable fibers. Cambridge. 2005. V. 47. P. 398-440. DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845690991.398>.
2. L.A. Samofalova, N.A. Berezina, O.V. Safronova, T.O. Kunitsyna. In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, Russian Federation. 2021. № 12218.
3. B. Stobaugh, L. Florez-Palacios, P. Chen, M. Orazaly. Journal of Crop Improvement. 2017. № 31 (2). P. 247-260. DOI: <https://doi.org/DOI:10.1080/15427528.2017.1287807>.
4. R. Wilson. In: Soybeans: improvement, production and uses. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. 2004. P. 621-677.
5. J. Clúa, Roda, M. Zanetti, F. Blanco. Genes (Basel). 2018. № 9 (3). P. 125. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes9030125>.
6. A. Al-Falih. Pakistan Journal of Biological Sciences. 2002. № 5 (11). P. 1277-1293. DOI: <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2002/1277-1293.pdf>.
7. Yu.V. Kosulnikov, Yu.V. Laktionov. Agricultural biology. 2018. № 53 (5). Pp. 1037-1044. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1037.
8. N.I. Kloster and V.B. Azarov. International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021) BIO Web of Conferences. 2021. V. 36. № 03010. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213603010>.
9. М. Vishnyakova, I.V. Seferova. The journal of the International Legume Society. Novi Sad. Serbia, 2013. № 1. P. 7-9.
10. I.V. Seferova. Oil crops. 2016. № 3 (167). S. 101-105.
11. V.N. Zaitsev, A.I. Zaitseva, V.I. Mazalov. Leguminous and cereal crops. 2020. № 3 (35). Pp. 73-77. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11188.
12. E.V. Golovina, V.I. Zotikov. Production process and adaptive reactions to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype in the conditions of the Central Black Earth region of the Russian Federation: monograph. Orel, 2019. 318 p.
13. Demidova A.G. Influence of agricultural practices on the formation of elements of the structure of productivity of soybean varieties [Text] / A.G. Demidova, A.A. Muravyov // Proceedings of the international scientific-practical conference Problems and solutions of the modern agrarian economy – Belgorod : Belgorod State Agrarian University, 2017. – P 147-148.
14. Muravyov A.A. Features of the formation of yield and quality of seeds of different soybean varieties when using the biopreparation Biogor, Zh. Achievements of Science and Technology of APK. 2021. V. 35. № 5. S. 45-48. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10507.
15. S. Rezvyakova, L. Eremin, P. Matveychuk, E. Mitina. In the collection: E3S Web of Conferences, 247. 2. Ser. «International Conference on Efficient Production and Processing, ICEPP 2021». <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124701046>.
16. S.V. Rezvyakova, L.P. Eremin. Bulletin of agrarian science. 2021. № 3 (90). Pp. 77-83.

Сведения об авторах

Светлана Викторовна Резвякова, доктор с.-х. наук, доцент, заведующая кафедрой защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина», e-mail: lane8545@yandex.ru

Леонид Петрович Еремин, канд. с.-х. наук, доцент кафедры защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина».

Алексей Владимирович Таракин, канд. с.-х. наук, доцент, декан факультета агробизнеса и экологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина».

Наталья Ивановна Ботуз, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина».

Information about the authors

Svetlana Viktorovna Rezvyakova, Doctor of Agricultural Sciences Sciences, Associate Professor, Head Department of Plant Protection and Ecotoxicology, FSBEI HE «Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina», e-mail: lana8545@yandex.ru

Leonid Petrovich Eremin, Ph.D. s.-x. Sci., Associate Professor of the Department of Plant Protection and Ecotoxicology, FSBEI HE «Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina».

Alexey Vladimirovich Tarakin, Ph.D. s.-x. Sci., Associate Professor, Dean of the Faculty of Agribusiness and Ecology, FSBEI HE «Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina».

Natalya Ivanovna Botuz, Ph.D. s.-x. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Plant Protection and Ecotoxicology, Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina».

УДК 632.954:633.16:631.559.2

С.И. Смуров, А.С. Голубев, О.В. Григоров, Н.В. Дуюн

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДА КРОСС-СПЕКТРА ДЕЙСТВИЯ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния нового гербицида кросс-спектра действия Аксиал Кросс, КЭ на засоренность и урожайность ярового ячменя в условиях Белгородской области. Установлена результативность воздействия гербицида расширенного спектра действия на произрастающие в яровом ячмене многолетние и однолетние виды сорняков, а также злаковые сорные растения. Определена величина биологической эффективности химической прополки сорного компонента в посеве культуры при использовании трех рекомендуемых производителем норм внесения, в сравнении с равноценной по действию баковой смесью эталонных препаратов и отдельно широко использующегося в производственной деятельности эталонного граминицида. Дана оценка фитотоксичного влияния изучавшегося гербицида и эталонных вариантов борьбы с сорняками на культуру. Определена зерновая продуктивность ярового ячменя и проведена статистическая обработка урожайных данных. Установлено, что биологическая эффективность гербицида кросс-спектра действия Аксиал Кросс, КЭ к моменту уборки в зависимости от норм внесения по действию на злаковые сорняки была в пределах от 89,8% до 97,3%, для однолетних двудольных видов сорной растительности 60,6-95,5%, для многолетних двудольных сорняков (бодяк полевой и вьюнок полевой) находилась на уровне от 77,8% до 100%. Применение гербицида кросс-спектра действия Аксиал Кросс, КЭ способствовало повышению урожайности от 3,94 т/га до 4,30-4,52 т/га. Прибавка урожая варьировала от 9,1% до 14,7% по сравнению с контролем. Гербицид Аксиал Кросс, КЭ не оказывал негативного влияния на культуру, эффективно очищал посев ярового ячменя от злаковой и двудольной сорной растительности, благодаря чему способствовал повышению урожайности.

Ключевые слова: гербицид, кросс-спектр действие, яровой ячмень, сорные растения, урожайность

THE EFFECTIVENESS OF A CROSS-SPECTRUM HERBICIDE IN SPRING BARLEY CROPS IN THE BELGOROD REGION

Abstract. The article presents the results of research on the influence of a new cross-spectrum herbicide Axial Cross, CE on the contamination and yield of spring barley in the Belgorod region. The effectiveness of the effect of an extended-spectrum herbicide on perennial and annual weed species growing in spring barley, as well as cereal weeds, has been established. The value of the biological efficiency of chemical weeding of the weed component in the sowing of the crop was determined when using three application rates recommended by the manufacturer, in comparison with a tank mixture of reference preparations equivalent in effect and a reference graminicide widely used separately in production activities. The phytotoxic effect of the studied herbicide and reference variants of weed control on the culture is evaluated. The grain productivity of spring barley was determined and statistical processing of yield data was carried out. It was found that the biological effectiveness of the cross-spectrum herbicide Axial Cross, CE at the time of harvesting, depending on the application rates for the effect on cereal weeds, ranged from 89.8% to 97.3%, for annual dicotyledonous species of weed vegetation 60.6-95.5%, for perennial dicotyledonous weeds (*Cirsium arvense* (L.) Scop. and *Convolvulus arvensis* L.) was at the level of 77.8% to 100%. The use of the cross-spectrum herbicide Axial Cross, CE contributed to an increase in yield from 3.94 t/ha to 4.30-4.52 t/ha. The increase in yield varied from 9.1% to 14.7% compared to the control. The herbicide Axial Cross, which did not have a negative effect on the crop, effectively cleared the sowing of spring barley from cereal and dicotyledonous weeds, thereby contributing to an increase in yield.

Keywords: herbicide, cross-spectrum of action, spring barley, weeds, yield

Введение. В Белгородской области в последние годы возросло количество площадей со смешанным типом засорения двудольными и однодольными сорняками. При этом в посевах яровых культур, в частности ярового ячменя, доминируют ранние яровые сорняки: овсюг обыкновенный, ежовник обыкновенный, чистец однолетний, марь белая, дрема белая, подмаренник цепкий, щирица запрокинутая, фиалка полевая, просвирник незамеченный, гречишка вьюнковая. Также довольно часто отмечается очаговое распространение наиболее вредоносных корнеотпрысковых сорных растений – бодяка полевого и вьюнка полевого [1].

В современной земледелии проблема с засорённостью посевов ярового ячменя, как и других полевых культур, когда применение агротехнических мер борьбы недостаточно, не может быть решена без применения химической прополки [2-9, 13]. В условиях высокой засорённости ярового ячменя двудольными и злаковыми видами сорной растительности спе-

специалисты сельскохозяйственных предприятий вынуждены применять специализированные гербициды для борьбы с каждым из них, как в баковых смесях (при обязательном вопросе их совместимости), так и при раздельном последовательном внесении. Появление на рынке пестицидов гербицидов для зерновых злаковых культур кросс-спектра действия, способных подавлять одновременно, как двудольные, так и злаковые сорняки, позволяет сделать использование средств защиты растений биологически адекватным и экономически оправданным [10, 11, 12].

Целью наших исследований было определение сравнительной оценки биологической эффективности нового разрабатываемого ООО «Сингента» гербицида кросс-спектра действия на яровом ячмене в зоне недостаточного увлажнения в Белгородской области.

Материалы и методы. Испытывался химический препарат послевсходового кросс-спектра действия Аксиал Кросс, КЭ, содержащий 45 г/л пиноксадена, 5 г/л флорасулама и 11,25 г/л антидота клоквинтосет-мексила. Гербицид зарегистрирован и разрешен к использованию в Российской Федерации (свидетельство о регистрации № 041-03-3495-1). Это один из первых зарегистрированных препаратов подобного действия, разрешенных для использования на яровом ячмене [11].

В тексте и таблицах представлены результаты исследований в среднем за 2018 и 2019 года.

Схемой опыта было предусмотрено 6 вариантов, в том числе контроль и два эталонных. Внесение гербицидов проводилось после массового прорастания сорняков в фазе развития ярового ячменя «конец кушения – начало выхода в трубку». Опыт закладывался в четырехкратной повторности (табл. 1).

Таблица 1 – Схема опыта по изучению эффективности гербицида кросс-спектра действия в посевах ярового ячменя

Варианты опыта	Нормы применения	Кратность обработок
1. Аксиал Кросс, КЭ	0,7 л/га	1
2. Аксиал Кросс, КЭ	0,9 л/га	1
3. Аксиал Кросс, КЭ	1,1 л/га	1
4. Секатор Турбо, МД + Пума Супер 7.5, ЭМВ (эталон)	0,075 л/га + 0,8 л/га	1
5. Аксиал, КЭ (эталон для злаковых сорняков)	0,7 л/га	1
6. Контроль	Без обработки	–

Способ внесения – однократная обработка вегетирующих растений электрическим ранцевым опрыскивателем, оборудованным метровой штангой со щелевыми распылителями. Норма расхода рабочей жидкости составляла 250 л/га, нормы внесения гербицидов использовались согласно схеме опыта.

Для определения биологической эффективности гербицидов проводили четыре учёта засорённости посевов с определением видового состава и количества сорняков и два из них с определением веса их зеленой массы. Сорные растения учитывались перед обработкой, через 30 и 45 дней после обработки и перед уборкой урожая. Эффективность гербицидов по отношению к контролю рассчитывали по результатам второго, третьего и четвертого учетов.

Результаты и обсуждение. Гербицид Аксиал Кросс, КЭ в нормах расхода, определенных схемой опыта фитотоксичного действия на растения культуры не оказал. Яровой ячмень после его применения рос и развивался без отклонений и видимых изменений. Также не было негативного действия на культуру и при использовании эталонных граминицидов Аксиал, КЭ и Пума Супер 7.5, ЭМВ.

В день обработки из числа злаков на делянках ярового ячменя преобладал ежовник обыкновенный при численности равной 117 экз./м² в среднем по повторениям. Наблюдавшиеся в это время в посевах растения овсяга обыкновенного были в фазе кушения, и их количество составляло в среднем 5 экз./м². Посев культуры был сильно засорен марью белой и щирицей запрокинутой. Их доля в общей численности однолетних двудольных сорняков со-

ставляла 57%. Количество многолетних видов, вьюнка полевого и бодяка полевого, было в среднем по 2-3 экз./м² каждого вида (табл. 2).

Через месяц после обработки участков гербицидом Аксиал Кросс, КЭ с нормой расхода 0,7 л/га полностью погибли овсюг обыкновенный, щирца запрокинутая, гречишка вьюнковая и вьюнок полевой. Эффективность варианта в отношении двудольных сорняков была на уровне 73-78%. При этом наименее чувствительными к препарату Аксиал Кросс, КЭ в такой дозировке оказались чистец однолетний и марь белая. Общая численность сорных злаков, овсюга обыкновенного и ежовника обыкновенного, сократилась на 93,3%.

Таблица 2 – Видовой состав, фаза развития и количество сорных растений в момент обработки

Виды сорных растений	Латинские названия сорных растений	Фазы развития сорных растений	Количество, экз./м ²
<i>Ежовник обыкновенный</i>	<i>Echinochloa crusgalli (L.) Beauv.</i>	3-5 листьев	117
<i>Овсюг обыкновенный</i>	<i>Avena fatua L.</i>	Начало кущение	5
<i>Чистец однолетний</i>	<i>Stachys annua (L.) L.</i>	2-4 листа	9
<i>Марь белая</i>	<i>Chenopodium album L.</i>	2-4 листа	18
<i>Дрема белая</i>	<i>Melandrium album (Mill.) Garcke</i>	4-6 листьев	5
<i>Подмаренник цепкий</i>	<i>Galium aparine L.</i>	2-3 мутовки	3
<i>Щирца запрокинутая</i>	<i>Amaranthus retroflexus L.</i>	2-4 листа	23
<i>Фиалка полевая</i>	<i>Viola arvensis Murray</i>	2-4 листа	5
<i>Просвирник незамеченный</i>	<i>Malva neglecta Wallr.</i>	2-4 листа	5
<i>Гречишка вьюнковая</i>	<i>Fallopia convolvulus (L.) A. Love</i>	Стебель 5-8 см	4
<i>Вьюнок полевой</i>	<i>Convolvulus arvensis L.</i>	Побеги длиной 5-15 см	3
<i>Бодяк полевой</i>	<i>Cirsium arvense (L.) Scop.</i>	4 листа	2

На участках с внесением изучавшегося гербицида с нормой расхода 0,9 л/га выжили единичные растения чистеца однолетнего, мари белой и просвирника незамеченного. Полностью погибли растения овсюга обыкновенного, подмаренника цепкого, вьюнка полевого и бодяка полевого. Гибель злаков составила 96,1%, однолетних двудольных видов 85,9% (табл. 3). Эффективность борьбы с сорняками препаратом Аксиал Кросс, КЭ с нормой внесения 1,1 л/га была лучшей в опыте, и равнялись 98,7% для злаков и 100% для многолетних двудольных видов. Однолетние двудольные сорняки погибли практически полностью, за исключением чистеца однолетнего. Выжили единичные растения этого вида, что и повлияло на эффективность варианта, в целом равняющуюся 97,4 % относительно контроля.

На время второго учета баковая смесь эталонных гербицидов Секатор Турбо, МД и Пума Супер 7.5, ЭМВ показала эффективность в борьбе с однолетними злаковыми и многолетними двудольными сорняками близкую к уровню варианта с внесением испытывавшегося препарата с нормой расхода 1,1 л/га. По влиянию на однолетние двудольные виды она значительно отставала от показателей гербицида Аксиал Кросс, КЭ, из-за низкой токсичности для фиалки полевой. Биологическая эффективность граминицида Аксиал, КЭ в отношении злаковых сорняков достигла 90,8%. Он успешно подавил значительную часть растений ежовника обыкновенного и полностью уничтожил овсюг обыкновенный.

Ко времени учета через 45 дней после обработки ячменя гербицидами на контроле количество злаков за счет естественной гибели ежовника обыкновенного снизилась, а численность растений мари белой, чистеца однолетнего, фиалки полевой и просвирника незамеченного возросла. На участках 1-го варианта опыта, с использованием изучавшегося препарата с нормой расхода 0,7 л/га, численность сорняков практически не изменилась, но, с учетом изменений количества сорняков на контрольном варианте, биологическая эффективность этого варианта в борьбе с однолетними двудольными сорняками снизилась почти на 10 % и незначительно изменилась по действию на злаки и многолетники.

Результативность борьбы со злаками и однолетними двудольными сорняками гербицидом Аксиал Кросс, КЭ с нормами внесения 0,9 л/га и 1,1 л/га осталась почти без измене-

ний. На участках второго варианта были отмечены всходы вьюнка полевого, что и привело к снижению его эффективности действия на многолетние виды.

На эталонных делянках с граминицидом Аксиал, КЭ наблюдалось появление единичных всходов ежовника обыкновенного. Из-за этого биологическая эффективность данного варианта уменьшилась на 8,6%. На участках, обработанных баковой смесью эталонных препаратов, численность ежовника обыкновенного возросла, а двудольных видов сократилась, что и привело к уменьшению биологической эффективности этого варианта по действию на злаки и её увеличению для двудольных сорняков.

Таблица 3 – Влияние гербицида Аксиал Кросс, КЭ на общую засоренность посевов ячменя ярового

Варианты опыта	Срок учета	Количество сорных растений*						Масса сорных растений*					
		экз./м ²			снижение, % к контролю			г/м ²			снижение, % к контролю		
		ОЗС	ОДС	МДС	ОЗС	ОДС	МДС	ОЗС	ОДС	МДС	ОЗС	ОДС	МДС
1. Аксиал Кросс, КЭ – 0,7 л/га	30 дней	5	21	2	93,4	73,1	77,8	1,0	9,5	3,0	97,1	80,6	93,2
	45 дней	5	26	2	88,9	64,9	80,0	0,9	4,4	3,0	98,8	94,6	97,8
	уборка	15	26	2	89,8	60,6	77,8	–	–	–	–	–	–
2. Аксиал Кросс, КЭ – 0,9 л/га	30 дней	3	11	0	96,1	85,9	100	0,5	3,5	0,0	98,6	92,9	100
	45 дней	2	12	1	95,6	83,8	90,0	0,4	2,1	0,3	99,5	97,4	99,8
	уборка	9	10	1	93,9	84,8	88,9	–	–	–	–	–	–
3. Аксиал Кросс, КЭ – 1,1 л/га	30 дней	1	2	0	98,7	97,4	100	0,1	0,5	0,0	99,7	99,0	100
	45 дней	1	3	0	97,8	95,9	100	0,2	0,5	0,0	99,7	99,4	100
	уборка	4	3	0	97,3	95,5	100	–	–	–	–	–	–
4. Секатор Турбо, МД + Пума Супер 7.5, ЭМВ (эталон) – 0,075 л/га + 0,8 л/га	30 дней	5	26	2	93,4	66,7	77,8	1,5	4,3	11,5	95,7	91,2	73,9
	45 дней	9	13	1	80,0	82,4	90,0	2,6	3,7	10,5	96,6	95,5	92,4
	уборка	12	15	2	91,8	77,3	77,8	–	–	–	–	–	–
5. Аксиал, КЭ (эталон для злаковых сорняков) – 0,7 л/га	30 дней	7	–	–	90,8	–	–	1,4	–	–	96,0	–	–
	45 дней	8	–	–	82,2	–	–	2,0	–	–	97,4	–	–
	уборка	24	–	–	83,7	–	–	–	–	–	–	–	–
6. Контроль	30 дней	76	78	9	–	–	–	35	49	44	–	–	–
	45 дней	45	74	10	–	–	–	77	82	139	–	–	–
	уборка	147	66	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–

* – ОЗС – однолетние злаковые сорняки, ОДС – однолетние двудольные сорняки, МДС – многолетние двудольные сорняки

Препарат Аксиал Кросс, КЭ оказал большое влияние на массу сорных растений. В среднем по видам сорняков её снижение по отношению к контролю находилось на уровне от 93% до 99-100%. Эталонный четвертый вариант химической прополки при близких к испытывавшемуся гербициду значениях снижения массы злаков и однолетних двудольных видов имел недостаточно высокие показатели влияния на вес зеленой массы вьюнка полевого и бодяка полевого.

Перед уборкой ярового ячменя на делянках первого и второго вариантов опыта было отмечено незначительное увеличение числа растений мари белой и просвирника незамеченного и существенное увеличение количества ежовника обыкновенного относительно данных

предыдущего учёта. Численность ежовника обыкновенного также возросла и на делянках третьего варианта. Однако стоит отметить, что при этом были получены высокие показатели эффективности борьбы со злаками у всех вариантов опыта с использованием препарата Аксиал Кросс, КЭ из-за увеличения более чем в три раза их количества на контроле. Результативность химической прополки двудольных сорняков испытывавшимся гербицидом в это время осталась практически без изменений по отношению к показателям предыдущих учетов.

В среднем по всем видам сорняков к моменту уборки биологическая эффективность варианта с применением гербицида Аксиал Кросс, КЭ с нормой расхода 0,7 л/га составила 80,6%, при внесении 0,9 л/га – 91,0% и при 1,1 л/га – 96,8%. Использование в качестве эталона баковой смеси гербицидов Секатор Турбо, МД и Пума Супер 7.5, ЭМВ привело к гибели 86,9% сорняков (рис. 1).

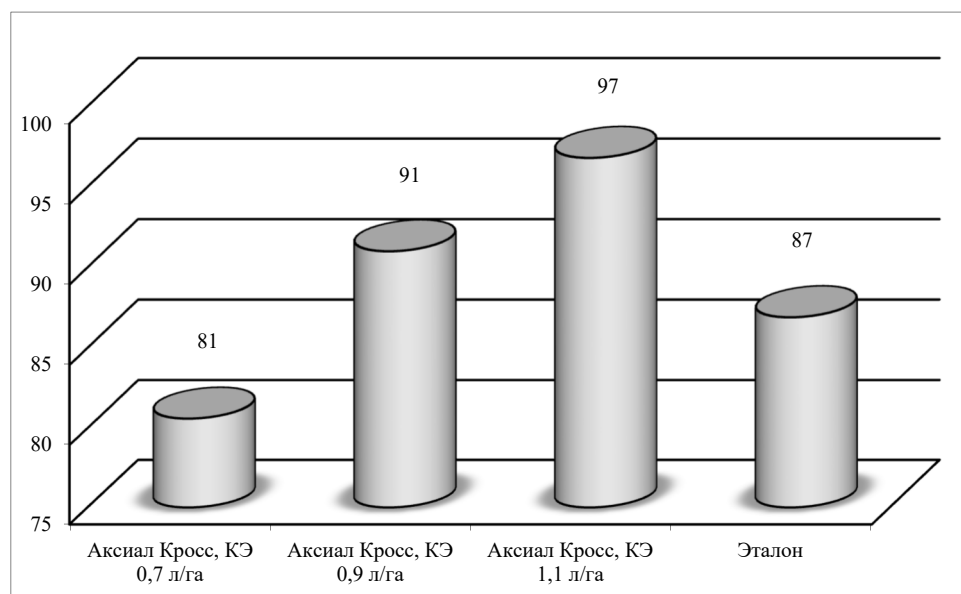


Рис. 1 – Средняя биологическая эффективность гербицида Аксиал Кросс, КЭ в условиях Белгородской области

Применение гербицида Аксиал Кросс, КЭ в природно-климатических условиях неустойчивого увлажнения Белгородской области достоверного фитотоксичного действия на яровой ячмень не оказало, о чем свидетельствуют величины урожая зерна культуры (табл. 4).

Таблица 4 – Урожайность ярового ячменя сорта Княжич при использовании гербицида Аксиал Кросс, КЭ

Варианты опыта	Средняя урожайность	
	т/га	% к контролю
1. Аксиал Кросс, КЭ – 0,7 л/га	4,30	109,1
2. Аксиал Кросс, КЭ – 0,9 л/га	4,52	114,7
3. Аксиал Кросс, КЭ – 1,1 л/га	4,40	111,7
4. Секатор Турбо, МД + Пума Супер 7.5, ЭМВ (эталон) – 0,075 л/га + 0,8 л/га	4,37	110,9
5. Аксиал, КЭ (эталон для злаковых сорняков) – 0,7 л/га	4,28	108,6
6. Контроль	3,94	100
НСР ₀₅ = 0,27 т/га		

Варианты опыта с гербицидами, действующими как на двудольные, так и на злаковые сорняки, в среднем за два года исследований показали близкие результаты по сбору зерна и позволили яровому ячменю сформировать урожай на уровне 4,30-4,52 т/га. По отношению к контролю он в зависимости от варианта увеличивался от 9,1% до 14,7%. Наибольший сбор зерна, 4,52 т/га, был получен на делянках с внесением гербицида Аксиал Кросс, КЭ с нормой

расхода 0,9 л/га. Баковая смесь эталонных препаратов, гербицида против двудольных сорняков Секатор Турбо, МД и граминицида Пума Супер 7.5, ЭМВ, обеспечила урожайность культуры равную 4,37 т/га, что близко к уровню зерновой продуктивности третьего варианта опыта с препаратом Аксиал Кросс, КЭ с нормой расхода 1,1 л/га. При обработке посевов эталонным препаратом Аксиал, КЭ этот показатель был несущественно ниже урожая, полученного при использовании испытывавшегося препарата с нормой внесения 0,7 л/га, и равнялся 4,28 т/га.

Заключение. Гербицид кросс-спектра действия Аксиал Кросс, КЭ оказал эффективное действие на очищение посева ярового ячменя от злаковых и двудольных сорняков – ежовника обыкновенного, овсяга обыкновенного, подмаренника цепкого, фиалки полевой, вьюнка полевого, бодяка полевого и др.

На динамику гибели однодольной и двудольной сорной растительности влияла норма расхода испытывавшегося гербицида на 1 га. Её повышение с 0,7 л/га до 1,1 л/га, приводило к увеличению биологической эффективности гербицида и расширению спектра подавляемых сорняков.

Использование гербицида Аксиал Кросс, КЭ для борьбы с сорняками способствовало повышению урожайности ярового ячменя от 9,1% до 14,7% в зависимости от испытывавшихся норм внесения, и было безопасным для защищаемой культуры.

Библиография

1. Смулов, С.И. Засоренность посевов и урожайность ярового ячменя в зависимости от предшественников и минеральных удобрений / С.И. Смулов, О.В. Григоров, В.Н. Наумкин, С.Н. Ермолаев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2020. – № 1 (25). – С. 174-184.
2. Авдеевко, А.П. Влияние гербицидов на засоренность посевов и продуктивность ярового ячменя / А.П. Авдеевко // Advances in current natural sciences : журнал. – 2018. – № 10. – С. 34-39.
3. Замятин, С.А. Динамика засоренности полевых севооборотов / С.А. Замятин, А.Ю. Ефимова, С.А. Максуткин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 5 (66). – С. 98-103.
4. Замятин, С.А. Засоренность посевов в полевых севооборотах / С.А. Замятин, С.В. Бырканова, С.А. Максуткин // Научные основы современных агротехнологий в сельскохозяйственном производстве: материалы Всероссийской научно-производственной конф. (Саранск, 25-26 июня 2015 г.) / Федер. агентство науч. орг., Мордовский НИИСХ. – Саранск, 2015. – С. 96-99.
5. Замятин С.А. Мониторинг засоренности полевых севооборотов / С.А. Замятин, А.Ю. Ефимова // Вестник Марийского ГУ. – 2017. – Т. 3. – № 1. – С. 33-37.
6. Кагирова, М.К. Эффективность применения гербицидов в посевах ячменя в зависимости от видового состава сорных растений / Кагирова М.К., Дубачинская Н.Н. // Известия Оренбургского ГАУ. – 2015. – № 6 (56). – С. 17-20.
7. Баранов, А.И. Влияние гербицидов на засоренность и урожайность ярового ячменя / А.И. Баранов, А.В. Гринько // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 6. – С. 22-26.
8. Ширшиков, А.П. Приемы химической борьбы с устойчивыми сорняками в посевах зерновых культур / А.П. Ширшиков // Сборник трудов ВИУА, № 51. – М., 1971. – 86 с.
9. Садохина, Т.П. Химическая защита ярового ячменя / Т.П. Садохина // Защита и карантин растений. – 2011. – № 4. – С. 30-33.
10. Горбачева, Т.В. Эффективность гербицида Пума Плюс в посевах яровой пшеницы / Т.В. Горбачева // Агротайм. – 2015. – № 3 (17). – С. 12-13.
11. Аксиал Кросс, КЭ (Актуализация 04.03.2022) // URL: <https://www.syngenta.ru/products/crop-protection/herbicides/axial-cross> [Электронный ресурс] (Дата обращения 05.03.2022).
12. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.
13. Власова Л.М. Баковые смеси пестицидов для защиты ярового ячменя / Л.М. Власова, О.В. Попова, А.А. Муравьев // Защита и карантин растений – 2020. – № 6. – С. 18-19.

References

1. Smurov S.I. Zasorennost' posevov i urozhajnost' yarovogo yachmenya v zavisimosti ot predshestvennikov i mineral'nyh udobrenij [Contamination of crops and yield of spring barley depending on precursors and mineral fertilizers] / S.I. Smurov, O.V. Grigorov, V.N. Naumkin, S.N. Ermolaev // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. – FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2020. – № 1 (25). – S. 174-184.

2. Avdeenko, A.P. Vliyanie gerbicidov na zasorennost' posevov i produktivnost' yarovogo yachmenya / A.P. Avdeenko [The effect of herbicides on the contamination of crops and the productivity of spring barley] // Advances in current natural sciences : zhurnal. – 2018. – № 10. – S. 34-39.
3. Zamyatin, S.A. Dinamika zasorennosti polevyh sevooborotov [Dynamics of contamination of field crop rotations] / S.A. Zamyatin, A.Yu. Efimova, S.A. Maksutkin // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2018. – № 5 (66). – S. 98-103.
4. Zamyatin, S.A. Zasorennost' posevov v polevyh sevooborotah [Contamination of crops in field crop rotations] / S.A. Zamyatin, S.V. Byrkanova, S.A. Maksutkin // Nauchnye osnovy sovremennykh agrotekhnologiy v sel'skohozyajstvennom proizvodstve: materialy Vserossijskoj nauchno-proizvodstvennoj konf. (Saransk, 25-26 iyunya 2015 g.) / Feder. agentstvo nauch. org., Mordovskij NIISKH. – Saransk, 2015. – S. 96-99.
5. Zamyatin S.A. Monitoring zasorennosti polevyh sevooborotov [Monitoring of contamination of field crop rotations] / S.A. Zamyatin, A.Yu. Efimova // Vestnik Marijskogo GU. – 2017. – T. 3. – № 1. – S. 33-37.
6. Kagirova, M.K. Effektivnost' primeneniya gerbicidov v posevah yachmenya v zavisimosti ot vidovogo sostava sornykh rastenij [The effectiveness of herbicides in barley crops, depending on the species composition of weeds] / Kagirova M.K., Dubachinskaya N.N. // Izvestiya Orenburgskogo GAU. – 2015. – № 6 (56). – S. 17-20.
7. Baranov, A.I. Vliyanie gerbicidov na zasorennost' i urozhajnost' yarovogo yachmenya [The effect of herbicides on the contamination and yield of spring barley] / A.I. Baranov, A.V. Grin'ko // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2014. – № 6. – S. 22-26.
8. Shirshikov, A.P. Priemy himicheskoy bor'by s ustojchivymi sornyakami v posevah zernovykh kul'tur [Methods of chemical control of resistant weeds in grain crops] / A.P. SHirshikov // Sbornik trudov VIUA, № 51. – M., 1971. – 86 s.
9. Sadohina, T.P. Himicheskaya zashchita yarovogo yachmenya [Chemical protection of spring barley] / T.P. Sadohina // Zashchita i karantin rastenij. – 2011. – № 4. – S. 30-33.
10. Gorbacheva, T.V. Effektivnost' gerbicide Puma Plyus v posevah yarovoj pshenicy [The effectiveness of the herbicide Puma Plus in spring wheat crops] / T.V. Gorbacheva // Agrotajm. – 2015. – № 3 (17). – S. 12-13.
11. Aksial Kross, KE (Aktualizaciya 04.03.2022) [Axial Cross, CE (Updated 04.03.2022)] // URL: <https://www.syngenta.ru/products/crop-protection/herbicides/axial-cross> [Elektronnyj resurs] (Data obrashcheniya 05.03.2022)
12. Organizational and technological standards for the cultivation of crops (for example, Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik et al. – Belgorod : Izd. Constant, 2014. – 462 p.
13. Vlasova L.M. Tank mixtures of pesticides for the protection of spring barley / L.M. Vlasova, O.V. Popova, A.A. Muraviev // Plant Protection and Quarantine. – 2020. – № 6. – S. 18-19.

Сведения об авторах

Смулов Сергей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, e-mail: ssmurov61@mail.ru

Голубев Артем Сергеевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, шоссе Подбельского, д. 3, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия, 196608.

Григоров Олег Владимирович, ведущий специалист лаборатории по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Дуюн Николай Васильевич, агроном лаборатории по изучению систем земледелия, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Information about authors

Smurov Sergey I., Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory for the Study of farming systems, Federal State Budgetary Institution of Higher Education Belgorod State Agricultural University, ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503, e-mail: ssmurov61@mail.ru

Golubev Artem S., Candidate of Biological Sciences, Leading researcher, All-Russian Institute of Plant Protection, 3 Podbelskogo Shosse, Saint-Petersburg, Pushkin, Russia. 196608.

Grigorov Oleg V., Leading specialist of the Laboratory for the Study of farming systems, Federal State Budgetary Institution of Higher Education Belgorod State Agricultural University, ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503.

Duyn Nikolay Vasilyevich, agronomist of the Laboratory for the Study of farming systems, Federal State Budgetary Institution of Higher Education Belgorod State Agricultural University, ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503.

УДК 332.62:631.474

А.А. Халилов, П.Б. Байрамова, К.Ф. Абилова

СОСТАВЛЕНИЕ ОТКРЫТЫХ ШКАЛ БОНИТЕТА ЗЕМЛИ В КАДАСТРОВЫХ РАЙОНАХ

Аннотация. Целью бонитировки земель является проведение оценки земли как природно-исторического объекта, обладающего плодородием, при этом исследователь проводит оценку земли не с точки зрения конкретной организации-хозяйства, а на основе свойств и признаков, приобретенных ею как в природно-историческом процессе, так и в процессе социально-экономического развития общества. Для проведения земляных работ необходимо детально изучить все свойства почв, иметь хорошо проработанную классификацию почв, обладать многолетними знаниями о структуре почвенного покрова местности, урожайности ведущих сельскохозяйственных культур, возделываемых на этих почвах.

При проведении оприходования почв решаются следующие две задачи: 1) провести дифференциацию почв по их плодородию, составить соответствующие шкалы и провести классификацию по плодородию; 2) определить пригодность почв для сельскохозяйственных культур, то есть возникает необходимость составить не обобщенную шкалу, а отдельную шкалу для каждого сельскохозяйственного растения. Вопрос 1 относится к общему бонитированию, а вопрос 2 – к индивидуальному бонитированию. Значение качественной оценки земель (бонитировки) состоит в том, что она позволяет планировать сельскохозяйственное производство, проводить правильную специализацию, организовывать эффективную систему мелиоративных мероприятий, удобрений, определять рентабельность хозяйств, правильно определять цену земли, определять оптимальные границы землепользования. Бонитировка земель, как логическое продолжение комплексного исследования земель, дает возможность его экономической оценки. Почвоведы рассматривают бонитировку как самостоятельную область почвоведения, а землепроходцы и экономисты – как составную часть земельного кадастра и экономической оценки.

Ключевые слова: бонитировка, почва, кадастр, исследования, ценовые критерии, сельское хозяйство.

COMPILATION OF OPEN LAND BONUS SCALES IN CADASTRAL AREAS

Abstract. The purpose of land valuation is to assess the land as a natural-historical object with fertility, while the researcher evaluates the land not from the point of view of a specific organization-economy, but on the basis of properties and characteristics acquired by it both in the natural-historical process and in the process of socio-economic development of society. To carry out excavation work, it is necessary to study in detail all the properties of soils, have a well-developed classification of soils, have long-term knowledge about the structure of the soil cover of the area, the yield of leading crops cultivated on these soils.

When carrying out the registration of soils, the following two tasks are solved: 1) to differentiate soils by their fertility, to draw up appropriate scales and to classify by fertility; 2) to determine the suitability of soils for agricultural crops, that is, there is a need to make not a generalized scale, but a separate scale for each agricultural plant. Question 1 refers to general bonitation, and question 2 refers to individual bonitation. The importance of a qualitative assessment of land (bonitirovki) is that it allows you to plan agricultural production, carry out the right specialization, organize an effective system of reclamation measures, fertilizers, determine the profitability of farms, correctly determine the price of land, determine the optimal boundaries of land use. Bonitization of lands, as a logical continuation of a comprehensive study of lands, makes it possible to assess its economic value. Soil scientists consider bonitation as an independent field of soil science, and explorers and economists-as an integral part of the land cadastre and economic assessment.

Keywords: bonitirovka, soil, cadastre, research, price criteria, agriculture.

Введение. Качественная оценка (бонитировка) почв была самостоятельной областью почвоведения и представляет собой учение, в котором разрабатываются принципы и методы, утверждающие научно-теоретические основы оценки почв как объекта природы, так и средства производства. Необходимость бонитировки земель в связи с подъемом в сельском хозяйстве, происходившим в нашей республике с конца 60-х-начала 70-х годов, привела к повышению внимания к исследованиям в этом направлении. В результате изучения и анализа литературы и фондовых материалов в области бонитировки почв установлено, что исследования в этой области в Азербайджане с 70-х годов XX века, расширяясь, развивались в 5 направлениях (по пастбищным, речным, виноградным, зерновым, хлопковым и лесным почвам).

На основе обобщения отдельных методических работ по бонитировке почв, находящихся под различными агроценозами в различных почвенных условиях республики, были из-

даны «Методические рекомендации по бонитировке почв в Азербайджане» [2], «Методические рекомендации по бонитировке почв под виноградными и чайными растениями в Азербайджанской ССР» [1], «Методические рекомендации по оценке плодородия лесных земель Азербайджанской ССР» [13, 15], «Бонитировка почв» [4, 7], «Изучение мелких сельскохозяйственных угодий, методические рекомендации по использованию и бонитировке» [11].

В результате обретения Азербайджаном независимости и осуществления со второй половины 90-х годов в стране широкомасштабных земельных реформ, в связи с изменением земельных отношений, появлением новых форм собственности, значение мер, связанных с бонитировкой и экономической оценкой земель, не только не уменьшилось, но многократно возросло. Изменения в земельно-имущественных отношениях, разработка нормативов по купле-продаже, залогу земель, земельным сборам выдвинули бонитировку земель на первый план [6].

Бонитировочные работы, проводимые в нашей республике в начале XXI века, проводились по научно-теоретическим и методическим основам «традиционной бонитировки». В настоящее время в этом направлении было проведено большое количество исследований [8, 10, 13]. М.М. Юсифова [10] разделила годные для виноградарства земли предгорной равнины Аразбою на два экологических района, провела бонитировку земель, входящих в экологические районы.

В.А. Гулиевым [9] были составлены открытые шкалы бонитета по группам земель северо-восточной сельскохозяйственной зоны Азербайджана и отдельным земельно-кадастровым и административным районам, входящим в зону, проведена агропромышленная группировка земель и кадастровых районов на основе итоговых баллов бонитета, составлена бонитетная картограмма и кадастровые карты зоны.

В Кура-Аразской низменности была проведена бонитировка мелиорированных хлопковых и зерновых почв [13, 15], установлены коэффициенты правок по механическому составу, по засолению, по солевому составу засоления, по планировке территории, по севообороту, по твердости почв, по орошению в древности, проведена агропромышленная группировка мелиорированных земель Ширванской равнины.

Д.А. Шабанов [5] провел бонитировку земель в Лянкяранчайском бассейне по экологическим районам (сепараторному, транзитному, аккумулятивному), рассчитал средневзвешенный балл бонитета и составил бонитетную картограмму в масштабе 1:100000. М.А. Байрамов [12] провел генетико-производственную бонитировку Джейранчельских зимовочных земель и составил карту агропромышленной группировки.

Н.А. Исмаилова [14] установила открытую бонитную шкалу разновидностей бурых горно-лесных и коричневых горно-лесных почв юго-восточного склона Большого Кавказа. Н.А. Султанова [9] провела агроземельную бонитировку земель под овощеводство Подсобного Хозяйства Апшерона и составила карту-схему агроземельной группировки в масштабе 1: 5000.

М.М. Алиева [12] провела бонитировку как почвенного покрова, так и ландшафтных комплексов на зимних пастбищах Гобустанского массива и составила бонитетные картограммы почв и ландшафтов в масштабе 1:50000, Г.А. Гусейнова [28] провела бонитировку полесных земель южного склона Большого Кавказа.

В настоящее время одним из последних направлений исследований по бонитировке почв является оценка почвенного покрова особо охраняемых природных территорий – заповедников и заказников. А.С. Оруджев [5] были определены современные морфогенетические и биоэкологические особенности земель Гирканского Национального Парка и проведена бонитировка и лесопроизводственная группировка почв.

Основная цель исследовательской работы. Проведение качественной оценки земель Нагорного Ширванского кадастрового района по формам собственности. Для достижения цели было поставлено выполнение следующих задач: изучение современных природно-экологических условий территории Нагорно Ширванского кадастрового района; составление карты земель территории кадастрового района на основе всестороннего изучения

почвенного покрова; проведение качественной оценки земельных угодий; установление открытой и окончательной шкал бонитета с применением корректировочных коэффициентов; провести лесную и агропромышленную группировку земель Нагорного Ширванского кадастрового района на основе открытой шкалы бонитета и составить бонитетную картограмму.

Практическое значение. Материалы по качественной оценке земель Нагорно Ширванского кадастрового района, а также по современному состоянию землепользования, бонитетная картограмма, основные и итоговые бонитетные шкалы, общие и индивидуальные экономические шкалы оценки могут быть использованы в качестве основы для решения проблем правильного и эффективного использования земельных ресурсов, сохранения почвенного покрова и восстановления его плодородия.

Методика исследовательской работы. На основе соответствующей методики нами было рассчитано среднее математическое значение погрешности, показателя точности и степени надежности показателей плодородия этих земель, и установлено, что полученные результаты полностью соответствуют критериям измерения при бонитировке территориальных земель.

Во время бонитировки земель, распространённых по Нагорно Ширванскому кадастровому району, в качестве критерия измерения были взяты диагностические показатели почвы, указанные ниже: запасы гумуса, азота, фосфора (тонны/га) и количество поглощённых основ (мг-екв). Совокупность этих показателей достаточно влияет на качественную разновидность почв разных культивируемых сельскохозяйственных растений (овощи, зерновые, виноград). Показатели избранных критериев по определенным глубинам вычисляются: 0-20 см, 0-50 см, 0-100 см, в это время становится возможным оценка разных слоёв почвы по отдельности. Бонитировка земель Нагорно Ширванского кадастрового района была вычислена по формуле определённых критерийных измерений (гумус, азот, фосфор) запасов (5, 7), взятых слоёв почвы (0-20 см, 0-50 см, 0-100 см):

$$r = \frac{(d \cdot p \cdot v)}{100}, \quad (1)$$

здесь, r – запасы гумуса, азота, фосфора по слоям почвы, т/га;

p – количество гумуса, азота и фосфора, в %;

v – плотность почвы на данном слое, м³/га.

Наблюдения показывают, что корреляционная связь между запасными формами (т/га) некоторых диагностических признаков почв (гумус, азот, фосфор, калий) и продуктивностью сельскохозяйственных, кормовых и лесных культур проявляется более интенсивно, чем при их общих формах (%). Известно, что гумус почвы считается важнейшим показателем ее плодородия. Чем выше содержание гумуса в верхнем слое почвы, тем больше будет накопление соединений азота, фосфора, калия, кальция. Содержание азота, фосфора и калия в почве играет большую роль в формировании плодородия, они служат запасами, которые постепенно используются при питании растений. Сумма поглощенных оснований служит дополнительным резервом минерального питания растений, что обусловлено важными физико-химическими свойствами почв.

Согласно методике, по Нагорно-Ширванскому кадастровому району был выбран эталон типа почв с самыми высокими показателями по внутренним диагностическим характеристикам (это вымытые горно-лесные бурые почвы) и относительно него был определен уровень плодородия других почв. При составлении оценочной шкалы бонитетные баллы других земель рассчитывались по следующей формуле:

$$B = \frac{K_f}{K_e} \cdot 100, \quad (2)$$

Здесь, B – оценка бонитета почвы;

K_f – фактическая величина любых свойств и признаков почвы;

K_e – величина показателей соответствия эталонной почвы.

В результате была установлена основная бонитетная шкала земель Нагорно-Ширванского кадастрового района (табл.1).

Как видно из таблицы 1, на объекте исследования распространены 12 подтипов почв. Как научное продолжение проведенной оценочной работы по результатам бонитетной картограммы земель Нагорно-Ширванского кадастрового района под руководством академика Г.Ш. Мамедова были определены баллы, карбонатные горно-лесные бурые почвы – 91 балл, вымытые горно-лесные коричневые почвы – 83 балла, типичные горно-лесные коричневые почвы – 90 баллов, карбонатные горно-лесные коричневые почвы – 79 баллов, степные вымытые горно-коричневые почвы – 74 балла, степные типичные горно-коричневые почвы – 81 балл, степные карбонатные горно-коричневые почвы – 73 балла, окультуриваемые горно-коричневые – 73 балла, темно-горно-серо-коричневые (каштановые) – 88 баллов, обыкновенные горно-серо-бурые (каштановые) – 79 баллов. Установлено, что самое низкое плодородие имеют светлые горно-серо-коричневые (каштановые) почвы (67 баллов).

Таблица 1 – Основная шкала бонитета земель Нагорно-Ширванского кадастрового района

Название земель	Гумус, т/га оценка			Азот, т/га оценка		Фосфор, т/га оценка		КПО, мг-экв. оценка		Баллы бонитета
	0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-20	0-50	0-20	0-50	
Вымытый горно-лесной бурый	<u>117,50</u> 100	<u>227,92</u> 100	<u>311,10</u> 100	<u>6,94</u> 100	<u>15,68</u> 100	<u>5,10</u> 100	<u>12,32</u> 100	<u>34,42</u> 100	<u>33,46</u> 100	100
Карбонатный горно-лесной бурый	<u>111,18</u> 95	<u>224,0</u> 98	<u>289,14</u> 93	<u>5,71</u> 82	<u>14,0</u> 89	<u>4,49</u> 88	<u>10,64</u> 86	<u>31,16</u> 91	<u>31,02</u> 93	91
Вымытый горно-лесной коричневый	<u>100,54</u> 85	<u>175,62</u> 77	<u>248,92</u> 80	<u>5,66</u> 82	<u>11,88</u> 76	<u>4,72</u> 93	<u>10,0</u> 81	<u>31,24</u> 91	<u>31,86</u> 95	83
Типичный горно-лесной коричневый	<u>109,74</u> 93	<u>191,25</u> 84	<u>267,97</u> 86	<u>6,14</u> 88	<u>13,12</u> 84	<u>5,43</u> 106	<u>12,5</u> 101	<u>30,84</u> 90	<u>31,60</u> 94	90
Карбонатный горно-лесной коричневый	<u>100,30</u> 85	<u>163,12</u> 72	<u>232,41</u> 75	<u>5,19</u> 75	<u>11,25</u> 72	<u>4,72</u> 93	<u>9,38</u> 76	<u>29,91</u> 87	<u>27,88</u> 83	79
Степной смывтый горно-коричневый	<u>71,46</u> 61	<u>127,05</u> 56	<u>221,10</u> 71	<u>4,26</u> 61	<u>9,08</u> 58	<u>4,70</u> 92	<u>11,49</u> 93	<u>31,17</u> 91	<u>30,25</u> 90	74
Степной типично горно-коричневый	<u>75,49</u> 64	<u>133,10</u> 58	<u>245,11</u> 79	<u>4,70</u> 68	<u>10,28</u> 66	<u>5,15</u> 101	<u>13,12</u> 106	<u>32,16</u> 93	<u>32,29</u> 97	81
Степной карбонатный горно-коричневый	<u>68,54</u> 58	<u>133,71</u> 59	<u>214,5</u> 69	<u>4,03</u> 58	<u>10,29</u> 66	<u>4,70</u> 92	<u>10,89</u> 88	<u>30,79</u> 89	<u>28,51</u> 88	73
Окультуренный горно-коричневый	<u>72,13</u> 61	<u>150,04</u> 66	<u>206,7</u> 66	<u>4,48</u> 65	<u>10,28</u> 66	<u>4,48</u> 88	<u>10,89</u> 88	<u>30,88</u> 90	<u>30,25</u> 90	73
Темный горный серо-коричневый (каштановый)	<u>82,11</u> 70	<u>170,92</u> 75	<u>264,67</u> 85	<u>5,47</u> 79	<u>12,25</u> 78	<u>5,95</u> 117	<u>12,90</u> 105	<u>32,21</u> 94	<u>31,95</u> 95	88
Обыкновенный горный серо-коричневый (каштановый)	<u>70,69</u> 60	<u>141,25</u> 62	<u>236,74</u> 76	<u>5,0</u> 72	<u>11,61</u> 74	<u>5,47</u> 107	<u>11,61</u> 94	<u>29,05</u> 84	<u>28,99</u> 87	79
Светлый горный серо-коричневый (каштановый)	<u>66,64</u> 57	<u>110,29</u> 48	<u>159,60</u> 510	<u>5,0</u> 72	<u>10,32</u> 66	<u>5,24</u> 103	<u>10,32</u> 84	<u>28,62</u> 83	<u>27,60</u> 82	67

Однако следует иметь в виду, что данная нами оценка правильна в отношении типичных, нормальных почв, однако плодородие почв, обычно встречающихся в природе, отличается от нормальных почв под влиянием ряда факторов (эрозия, каменистость, солонцеватость, засоленность, гидроморфность, культурность, скелетность, гранулометрический состав, толщина). Эти отрицательные и положительные свойства, которые обычно носят локальный характер, учитываются при качественной оценке земель с помощью корректирующих коэффициентов.

Работы, проводимые в этом направлении, основательно углубляют экологическую характеристику и оценку природного и агроландшафта. В практическом почвоведении оценка подтипов и разновидностей почв осуществляется с применением корректирующих коэффициентов отдельных свойств почв. В этом случае основной балл бонитета умножается на корректирующие коэффициенты и рассчитывается балл разновидности конкретного типа почвы. Применение корректировочных коэффициентов конкретизирует работы по бонитировке и позволяет работать с оценочными баллами в зависимости от условий конкретного места.

В почвенном покрове Нагорно-Ширванского кадастрового района широко распространены почвы различной толщины и механического состава. Итоговые баллы бонитета разновидностей почв рассчитывались по следующей формуле (табл. 2) с использованием основной шкалы бонитета и корректирующих коэффициентов (по толщине мягкого слоя и гранулометрическому составу):

$$B_n = B_t \cdot K_{qr} \cdot K_y, \tag{2}$$

B_n – оценка бонитета разнообразия почв;

B_t – оценка бонитета типа почвы;

корректирующие коэффициенты:

K_{qr} – по гранулометрическому составу;

K_y – по толщине мягкого слоя.

Таблица 2 – Корректирующие коэффициенты по различным признакам почв

Почвы и растения	Признаки почвы			
	Гранулометрический состав			
	Легкосуглинистый	Среднесуглинистый	Тяжелосуглинистый	Глинистый
Коричневый горно-лесной	0,89	1,0	0,90	0,80
Степной горно-коричневый	0,89	1,0	0,90	0,80
Горный-серо-коричневый	0,89	1,0	0,90	0,80
Толщина мягкого слоя				
	Толстый	Средней толщины		Тонкий
Для всех растений Для всех почв	1,00	0,80		0,60

По гранулометрическому составу применяются корректировочные коэффициенты, потому что они прямо и косвенно влияют на физические и физико-химические свойства почв. По полученным показателям наилучшими агрофизическими свойствами обладают среднесуглинистые почвы, качество тяжелосуглинистых и глинистых почв механического состава ухудшается.

Эрозионный процесс широко распространен в Нагорно-Ширванском кадастровом районе. Более 50% его почв, распространенных на этой территории, подверглись различной степени эрозии. На территории, расчлененной склонами и ущельями, широко развивались эрозионные процессы, которые, в свою очередь, приводили к вымыванию почв, разложению травяного покрова и резкому снижению урожайности. Установлено, что на склонах с наклоном выше 10-150 смыв поверхности происходит быстро.

Таким образом, для нахождения баллов бонитета путем проведения оценки земель Нагорно-Ширванского кадастрового района на уровне подтипа и вида была составлена открытая шкала бонитета путем умножения указанных выше корректировочных коэффициентов на основные баллы бонитета, приведенные в таблице 1 (табл. 3).

Таблица 3 – Открытая шкала бонитета земель Нагорно-Ширванского кадастрового района

Название разновидности почв	Баллы бонитета	Площадь	
		Га	%
I. Вымытый горно-лесной бурый			
Среднесуглинистый толстый вымытый горно-лесной бурый	100	95,20	0,02
Среднесуглинистый средней толщины вымытый горно-лесной бурый	80	205,20	0,05
Среднесуглинистый тонкий вымытый горно-лесной бурый	60	277,03	0,07
Средний балл	74	577,43	0,14
II. Карбонатный горно-лесной бурый			
Тяжелосуглинистый средней толщины карбонатный горно-лесной бурый	66	116,85	0,03
Тяжелосуглинистый тонкий карбонатный горно-лесной бурый	49	280,56	0,07
Среднесуглинистый тонкий карбонатный горно-лесной бурый	55	86,15	0,02
Средний балл	54	483,56	0,12
III. Вымытый горно-лесной коричневый			
Глинистый толстый вымытый горно-лесной коричневый	66	1320,65	0,32
Глинистый средней толщины вымытый горно-лесной коричневый	53	2627,50	0,64
Тяжелосуглинистый толстый вымытый горно-лесной коричневый	75	2881,10	0,70
Тяжелосуглинистый тонкий вымытый горно-лесной коричневый	45	3749,05	0,91
Среднесуглинистый толстый вымытый горно-лесной коричневый	83	1203,40	0,29
Среднесуглинистый средней толщины вымытый горно-лесной коричневый	66	2993,70	0,73
Среднесуглинистый тонкий вымытый горно-лесной коричневый	50	3775,50	0,92
Легкосуглинистый толстый вымытый горно-лесной коричневый	74	1005,60	0,24
Легкосуглинистый тонкий вымытый горно-лесной коричневый	44	2258,24	2,54
Средний балл	61	21814,74	5,29
IV. Типичный горно-лесной коричневый			
Тяжелосуглинистый толстый типичный горно-лесной коричневый	81	5585,0	1,35
Тяжелосуглинистый средней толщины типичный горно-лесной коричневый	65	2896,50	0,17
Среднесуглинистый толстый типичный горно-лесной коричневый	90	4392,35	1,07
Среднесуглинистый средней толщины типичный горно-лесной коричневый	72	2570,47	2,62
Среднесуглинистый тонкий типичный горно-лесной коричневый	54	3978,15	0,97
Легкосуглинистый толстый типичный горно-лесной коричневый	80	3889,28	0,94
Средний балл	75	23311,75	5,65
V. Карбонатный горно-лесной коричневый			
Глинистый толстый карбонатный горно-лесной коричневый	63	2992,20	0,73
Глинистый средней толщины карбонатный горно-лесной коричневый	51	3730,0	0,90
Глинистый тонкий карбонатный горно-лесной коричневый	38	2690,10	0,65
Тяжелосуглинистый толстый карбонатный горно-лесной коричневый	71	1355,90	0,33
Тяжелосуглинистый средней толщины карбонатный горно-лесной коричневый	57	3405,80	0,83
Тяжелосуглинистый тонкий карбонатный горно-лесной коричневый	43	4119,60	1,0
Среднесуглинистый средней толщины карбонатный горно-лесной коричневый	63	7522,50	1,83
Среднесуглинистый тонкий карбонатный горно-лесной коричневый	47	2685,25	0,65
Легкосуглинистый средней толщины карбонатный горно-лесной коричневый	56	2273,70	0,55
Легкосуглинистый тонкий карбонатный горно-лесной коричневый	42	4667,15	1,13
Средний балл	53	35442,2	8,60
VI. Степной вымытый горно-коричневый			
Глинистый толстый степной вымытый горно-коричневый	59	3360,60	0,82
Глинистый средней толщины степной вымытый горно-коричневый	47	2301,82	0,56
Глинистый тонкий степной вымытый горно-коричневый	35	694,80	0,17
Тяжелосуглинистый толстый степной вымытый горно-коричневый	67	2943,20	0,71
Тяжелосуглинистый средней толщины степной вымытый горно-коричневый	53	2753,0	0,67
Тяжелосуглинистый тонкий степной вымытый горно-коричневый	40	2536,50	0,61
Среднесуглинистый толстый степной вымытый горно-коричневый	74	1440,90	0,35
Среднесуглинистый средней толщины степной вымытый горно-коричневый	59	2773,40	0,67
Среднесуглинистый тонкий степной вымытый горно-коричневый	44	1269,0	0,31
Средний балл	55	20073,22	4,87

Продолжение таблицы 3

<u>VII. Степной типичный горно-коричневый</u>			
Глинистый толстый степной типичный горно-коричневый	65	2610,50	0,63
Тяжелосуглинистый толстый степной типичный горно-коричневый	73	2276,50	0,55
Тяжелосуглинистый средней толщины степной типичный горно-коричневый	58	3521,60	0,85
Тяжелосуглинистый тонкий степной типичный горно-коричневый	44	1175,80	0,29
Среднесуглинистый толстый степной типичный горно-коричневый	81	1190,77	0,29
Легкосуглинистый толстый степной типичный горно-коричневый	72	1320,40	0,32
Легкосуглинистый тонкий степной типичный горно-коричневый	43	122,90	0,03
Средний балл	65	12218,47	2,96
<u>VIII. Степной карбонатный горно-коричневый</u>			
Глинистый толстый степной карбонатный горно-коричневый	58	9125,50	2,21
Глинистый тонкий степной карбонатный горно-коричневый	35	3522,85	0,85
Тяжелосуглинистый толстый карбонатный горно-коричневый	66	25283,10	6,13
Тяжелосуглинистый средней толщины степной карбонатный горно-коричневый	53	6950,10	1,69
Тяжелосуглинистый тонкий степной карбонатный горно-коричневый	39	6337,70	1,54
Среднесуглинистый толстый степной карбонатный горно-коричневый	73	7843,50	1,90
Среднесуглинистый средней толщины степной карбонатный горно-коричневый	58	6490,90	1,57
Среднесуглинистый тонкий степной карбонатный горно-коричневый	44	2943,80	0,72
Легкосуглинистый толстый степной карбонатный горно-коричневый	65	4177,00	1,01
Легкосуглинистый средней толщины степной карбонатный горно-коричневый	52	3330,70	0,81
Легкосуглинистый тонкий степной карбонатный горно-коричневый	39	2354,70	0,57
Средний балл	58	78359,92	19,0
<u>IX. Окультуренный горно-коричневый</u>			
Тяжелосуглинистый толстый окультуренный горно-коричневый	66	6069,90	1,47
Тяжелосуглинистый средней толщины окультуренный горно-коричневый	53	1460,40	0,36
Среднесуглинистый толстый окультуренный горно-коричневый	73	4983,46	1,21
Среднесуглинистый средней толщины окультуренный горно-коричневый	58	1125,85	0,27
Средний балл	67	13639,61	3,31
<u>X. Темный горный серо-коричневый (каштановый)</u>			
Глинистый средней толщины темный горный серо-коричневый (каштановый)	56	2187,20	0,53
Тяжелосуглинистый толстый темный горный серо-коричневый (каштановый)	79	5034,90	1,22
Тяжелосуглинистый средней толщины темный горный серо-коричневый (каштановый)	63	2617,25	0,63
Тяжелосуглинистый тонкий темный горный серо-коричневый (каштановый)	48	3515,5	0,85
Среднесуглинистый толстый темный горный серо-коричневый (каштановый)	88	5680,50	1,38
Среднесуглинистый средней толщины темный горный серо-коричневый (каштановый)	70	2858,01	0,70
Среднесуглинистый тонкий темный горный серо-коричневый (каштановый)	53	1741,60	0,42
Средний балл	70	23634,96	5,73
<u>XI. Обыкновенный горный серо-коричневый (каштановый)</u>			
Глинистый толстый горный серо-коричневый (каштановый)	63	11877,40	2,88
Глинистый средней толщины горный серо-коричневый (каштановый)	51	14086,30	3,42
Глинистый тонкий горный серо-коричневый (каштановый)	38	6221,40	1,51
Тяжелосуглинистый толстый горный серо-коричневый (каштановый)	71	16468,95	3,99
Тяжелосуглинистый средней толщины горный серо-коричневый (каштановый)	57	17558,30	4,26
Тяжелосуглинистый тонкий горный серо-коричневый (каштановый)	43	7359,90	2,03
Среднесуглинистый толстый горный серо-коричневый (каштановый)	79	12364,80	3,00
Среднесуглинистый средней толщины горный серо-коричневый (каштановый)	63	8417,15	2,04
Среднесуглинистый тонкий горный серо-коричневый (каштановый)	47	3829,54	0,93

Средний балл	60	99183,74	24,06
ХII. Светлый горный серо-коричневый (каштановый)			
Глинистый толстый светлый горный серо - коричневый (каштановый)	54	10376,80	2,52
Глинистый средней толщины светлый горный серо-коричневый (каштановый)	43	7242,30	1,76
Тяжелосуглинистый толстый светлый горный серо-коричневая (каштановый)	60	10706,70	2,60
Тяжелосуглинистый средней толщины светлый горный серо-коричневый (каштановый)	48	3170,0	0,77
Среднесуглинистый толстый светлый горный серо-коричневый (каштановый)	67	7321,20	1,78
Среднесуглинистый средней толщины светлый горный серо-коричневый (каштановый)	54	6757,80	1,63
Среднесуглинистый тонкий светлый горный серо-коричневый (каштановая)	40	13985,70	3,39
Легкосуглинистый средней толщины светлый горный серо-коричневый (каштановый)	48	3136,0	0,76
Средний балл	52	62696,50	15,21
Другие земли	<20	20854,56	5,06
ИТОГ		391436,10	100,0

Средний показатель бонитета земель исследуемой территории рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{b_1 h_1 + b_2 h_2 + b_3 h_3 + \dots}{H} \quad (3)$$

Здесь, *B* – итоговый балл бонитета по типу и подтипу почвы;

*b*₁, *b*₂, *b*₃, ... – баллы бонитета в пределах одного и того же типа и подтипа разновидности почв;

*h*₁, *h*₂, *h*₃, ... – площадь разновидности почв, га;

H – общая площадь земельного участка, га.

На основе бонитетных баллов и полевых показателей разновидностей почв, распространенных в почвенном покрове Нагорно-Ширванского кадастрового района, была составлена итоговая шкала бонитетных баллов и определен коэффициент сравнительной ценности земель, принимая средний балл бонитета за единицу площади (табл. 4).

Таблица 4 – Итоговая шкала бонитета земель Нагорно-Ширванского кадастрового района

№	Наименование подтипов почв	Основные оценки бонитета	Итоговые оценки бонитета	Коэффициент сравнительной ценности земель	Площадь	
					Га	%
1	Вымытый горно-лесной бурый	100	74	1,27	577,43	0,14
2	Карбонатный горно-лесной бурый	91	54	0,93	483,56	0,12
3	Вымытый горно-лесной коричневый	83	61	1,05	21814,74	5,29
4	Типичный горно-лесной коричневый	90	75	1,29	23311,75	5,65
5	Карбонатный горно-лесной коричневый	79	53	0,91	35442,20	8,60
6	Степной вымытый горно-коричневый	74	55	0,95	20073,22	4,87
7	Степной типичный горно-коричневый	81	65	1,12	12218,47	2,96
8	Степной карбонатный горно-коричневый	73	58	1,0	78359,92	19,00
9	Окультуренный горно-коричневый	73	67	1,15	13639,61	3,31
10	Тёмный горный серо-коричневый (каштановый)	88	70	1,21	23634,96	5,73
11	Обыкновенный горный серо-коричневый (каштановый)	79	60	1,03	99183,74	24,06
12	Светлый горный серо-коричневый (каштановый)	67	52	0,90	62696,50	15,21
13	Другие земли	<20	<20	0,34	20854,56	5,06
	ИТОГ		57	1,00	412290,66	100,0

Сравнивая итоговые баллы бонитета с базовыми баллами бонитета земель Нагорно-Ширванского кадастрового района по таблице 4, мы видим, что баллы бонитета, рассчитанные после того, как факторы, влияющие на плодородие земельных участков и их баллы бонитета, были учтены с помощью корректировочных коэффициентов, получили более низкие оценки: карбонатные горно-лесные бурые почвы – 91 балл (базовый балл бонитета) – 54 балла (итоговый балл бонитета), вымытые горно-лесные коричневые почвы – (83 балла) – 61 балл, типичный горно-лесные коричневые – (90 баллов) – 75 баллов, карбонатные горно-лесные коричневые – (79 баллов) – 53 балла, степные карбонатные горно-коричневые – (73 балла) – 58 баллов, обыкновенные горные серо-коричневые (каштановые) почвы – (79 баллов) – 60 баллов и др. был. Из этих таблиц видно, что различные природные факторы, влияющие на плодородие почв (степень подвержения эрозии, уменьшение толщины плодородного слоя, изменение механического состава), в достаточной мере влияли на показатели бонитности почв, снижая их.

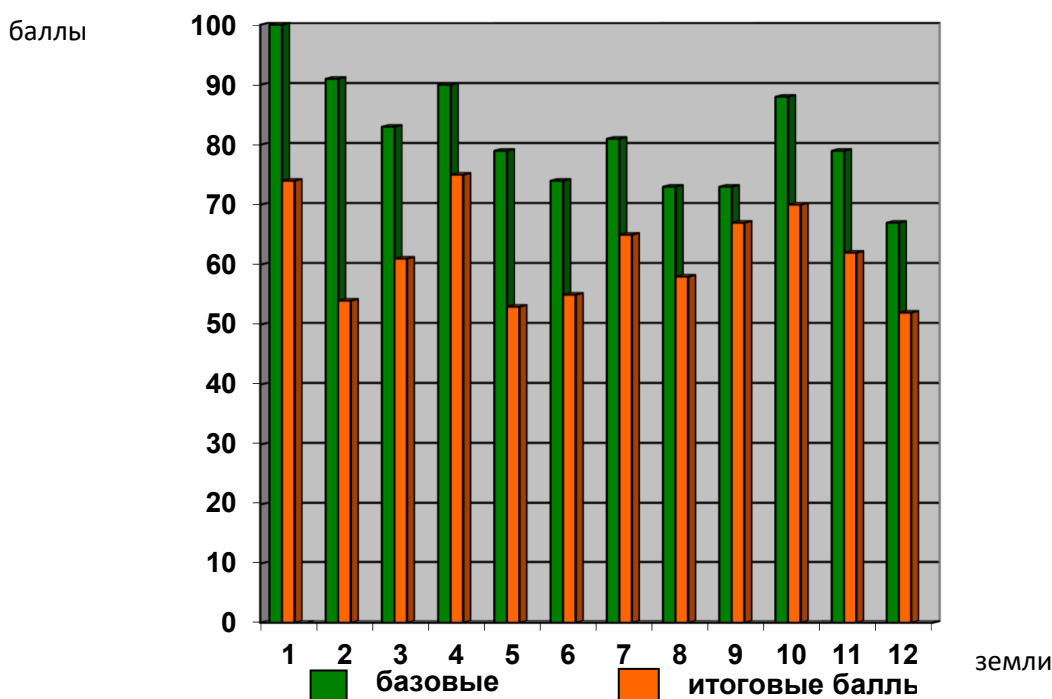


Рис. 1 – Базовые и итоговые баллы бонитета земель Нагорно-Ширванского кадастрового района:
 1. вымытый горно-лесной бурый; 2. карбонатные горно-лесной бурый; 3. вымытый горно-лесной коричневый; 4. типичный горно-лесной коричневый, 5. карбонатный горно-лесной коричневый; 6. степной вымытый горно-коричневый; 7. степной типичный горно-коричневый; 8. степной карбонатный горно-коричневый; 9. окультуриванный горно-коричневый; 10. темный горный серо-коричневый (каштановый); 11. обыкновенный горный серо-коричневый (каштановый); 12. светлый горный серо-коричневый (каштановый)

В результате проведенных вычислений установлено, что средний балл бонитета земель Нагорно-Ширванского кадастрового района равен 57. Наиболее распространенные – обыкновенные горные серо-коричневые почвы (24,06%), на момент оценки они получили 60 баллов. Наиболее плодородными почвами являются типичные горно-лесные коричневые почвы (75 баллов), которые занимают всего 5,65% площади, а самые низкие показатели принадлежат светлым горным серо-коричневым (каштановым) почвам, которые составляют 15,21% площади (52 балла). Дифференцированное сравнение итоговых баллов бонитета земель Нагорно-Ширванского кадастрового района с базовыми баллами бонитета отражено на приведенной выше диаграмме (рис.1).

Из диаграммы видно, что плодородие, при негативном воздействии природных факторов, наиболее снизилось у карбонатных горно-лесных бурых, вымытых горно-лесных бурых и карбонатных горно-лесных коричневых почв.

Заключение. Для определения бонитетных баллов различных типов земель, распространенных на территории Нагорно-Ширванского кадастрового района, были установлены открытые и итоговые шкалы бонитетов с применением корректирующих коэффициентов, рассчитаны средние баллы бонитетности и коэффициент сравнительной ценности земель (КСЦЗ). Средняя оценка бонитета территории Нагорно-Ширванского кадастрового района составила 57 баллов. В итоге была составлена «бонитетная картограмма земель Горного Ширванского кадастрового района» в масштабе 1:100000.

На основе открытой шкалы бонитета была проведена лесная и агропромышленная группировка земель Нагорно-Ширванского кадастрового района и определены средние по группам точки бонитета и площади: I группа – 86 баллов, площадь – 18147,22 га (4,4%); II группа – 67 баллов, 155657,98 га (37,75%); III группа – 51 балл, 179287,45 га (43,49%); IV группа – 39 баллов, 38343,45 га (9,3%); V группа – 20 баллов, 20854,56 га (5,06%).

Библиография

1. Абдуллаев Р.А. Анализ почвенного покрова юго-восточного склона Большого Кавказа и процессов деградации на этой территории // Сборник Трудов Общества Почвоведов Азербайджана, том XI, часть I, Баку, 2010, с. 190-197.
2. Методические рекомендации по бонитировке и экономической оценке земель северо-восточной зоны земледелия Азербайджана. Баку : 2000, с.60.
3. Асланова Р.Х. Влияние тенистых и солнечных склонов на диагностику горных серо-бурых почв Большого Кавказа // Труды Общества Почвоведов Азербайджана, том X, Часть I, Баку, 2005, с. 159-167.
4. Айвазлы Ф.Д., Набиев З.Д. Составление шкал территориального бонитета и экономической оценки земель Азербайджана на новой методической основе // Сборник трудов по Почвоведению и Агрохимии, том XVII, Баку: Наука, 2007, с.116-120.
5. Мамедов Г.Ш. и Б. Бонитировка почв. Баку : Наука, 1997, с. 174.
6. Борук А.Я. Бонитировка и экономическая оценка земель. М.,1972, 58 с.
7. Гаврилюк Ф.Я. Бонитировка почв. Ростов : Изд-во. Ростовского Университета, 1984, 226 с.
8. Иванов В.Ф., Иванова А.С. Методика бонитировки почв под многолетними насаждениями // Почвоведение, № 11, 2001, с.1377-1382.
9. <http://kadastrua.ru/stati/831-bonitirovka-ekonomicheskaya-i-denezhnaya-otsenka-zemel.html>
10. Plant biodiversity and the regeneration of soil fertility George N. Fureya,1 and David Tilmana, b,1 a Ecology Evolution and Behavior, College of Biological Science, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108; and b Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara, CA 93117 Contributed by David Tilman, October 13, 2021 (sent for review June 18, 2021; reviewed by Andy Hector and G. Philip Robertson)
11. A.N. Kravchenko et al., Microbial spatial footprint as a driver of soil carbon stabilization. Nat. Commun. 10, 3121 (2019).
12. N.R. Guerrero-Ramirez et al., Diversity-dependent temporal divergence of ecosystem functioning in experimental ecosystems. Nat. Ecol. Evol. 1, 1639-1642 (2017).
13. P.B. Reich et al., Impacts of biodiversity loss escalate through time as redundancy fades. Science 336, 589-592 (2012).
14. D. Tilman, «Functional diversity» in Encyclopedia of Biodiversity, S.A. Levin, Ed. (Academic, ed. 2, 2001), pp. 587-596.
15. P. Kardol, N. Fanin, D.A. Wardle, Long-term effects of species loss on community properties across contrasting ecosystems. Nature 557, 710-713 (2018).

References

1. Abdullaev R.A. Analysis of the soil cover of the southeastern slope of the Greater Caucasus and degradation processes in this territory // Proceedings of the Society of Soil Scientists of Azerbaijan, volume XI, part I, Baku, 2010, pp. 190-197.
2. Methodological recommendations on the valuation and economic assessment of the lands of the north-eastern zone of agriculture of Azerbaijan. Baku : 2000, p.60.
3. Aslanova R.H. The influence of shady and sunny slopes on the diagnosis of mountain gray-brown soils of the Greater Caucasus // Proceedings of the Society of Soil Scientists of Azerbaijan, Volume X, Part I, Baku, 2005, pp. 159-167.
4. Ayvazly F.D., Nabiyeu Z.D. Compilation of scales of territorial bonitet and economic assessment of the lands of Azerbaijan on a new methodological basis // Collection of works on Soil science and Agrochemistry, volume XVII, Baku : nauka, 2007, pp.116-120.
5. Mammadov G.Sh. and B. Bonitization of soils. Baku : Nauka, 1997, p. 174.
6. Boruk A.Ya. Bonitirovka and economic assessment of lands. M., 1972, 58 p.
7. Gavriilyuk F.Ya. Bonitization of soils. Rostov : Publishing House. Rostov University, 1984, 226 p.

8. Ivanov V.F., Ivanova A.S. Methodology of soil bonitization under perennial plantings // Soil science, № 11, 2001, pp.1377-1382.
9. <http://kadastrua.ru/stati/831-bonitirovka-ekonomicheskaya-i-denezhnaya-otsenka-zemel.html>
10. Plant biodiversity and the regeneration of soil fertility George N. Fureya,¹ and David Tilman,^{a,b,1} a Ecology Evolution and Behavior, College of Biological Science, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108; and b Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara, CA 93117 Contributed by David Tilman, October 13, 2021 (sent for review June 18, 2021; reviewed by Andy Hector and G. Philip Robertson).
11. A.N. Kravchenko et al., Microbial spatial footprint as a driver of soil carbon stabilization. Nat. Commun. 10, 3121 (2019).
12. N.R. Guerrero-Ramirez et al., Diversity-dependent temporal divergence of ecosystem functioning in experimental ecosystems. Nat. Ecol. Evol. 1, 1639-1642 (2017).
13. P.B. Reich et al., Impacts of biodiversity loss escalate through time as redundancy fades. Science 336, 589-592 (2012).
14. D. Tilman, «Functional diversity» in Encyclopedia of Biodiversity, S.A. Levin, Ed. (Academic, ed. 2, 2001), pp. 587-596.
15. P. Kardol, N. Fanin, D. A. Wardle, Long-term effects of species loss on community properties across contrasting ecosystems. Nature 557, 710–713 (2018).

Сведения об авторах

Халилов Азер Агазаде, Д.ф.т., Азербайджанский Государственный Аграрный Университет, Гянджа, Азербайджанская Республика.

Байрамова Парвана Бахлул, ассистент, Азербайджанский Государственный Аграрный Университет, Гянджа, Азербайджанская Республика.

Абилова Камала Фатиага, ассистент, Азербайджанский Государственный Аграрный Университет, Гянджа, Азербайджанская Республика tagievurfan@yahoo.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3063-7948>.

Information about authors

Khalilov Azer Agazade, PhD, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Republic of Azerbaijan.

Bayramova Parvana Bahlul, assistant, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Republic of Azerbaijan.

Abilova Kamala Fatiaga, assistant, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Republic of Azerbaijan, tagievurfan@yahoo.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3063-7948>.

УДК 631.524.5:[582.751.42+582.739]:631.445.4:631.416

Ю.О. Черных, М.А. Куликова, А.Г. Ступаков

ЗАВИСИМОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЬНА И ПАЖИТНИКА В РАННИЙ ПЕРИОД ЖИЗНИ ОТ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ХЛОРИДА КОБАЛЬТА В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ

Аннотация. Белгородская область не совсем является типичной для выращивания таких культур, как лен и пажитник на больших площадях почвы и в промышленных масштабах.

Они не имеют такого значения, как пшеница, ячмень или рожь, но тем не менее возделываются в наших краях. В настоящее время заметно популяризуется здоровый образ жизни, правильное и натуральное питание. В связи с данной тенденцией каждый человек, который небезразличен к своему здоровью, слышал о полезных свойствах льна и пажитника, находил им применение во благо себе. Стремительный рост промышленного производства, развитие транспортной инфраструктуры, а главное игнорирование человеком элементарных способов минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, несет ряд изменений в живом мире. Из большого числа разнообразных химических веществ, поступающих в окружающую среду из антропогенных источников, особое место занимают тяжелые металлы. Через атмосферу они рассеиваются, оседают на поверхности земли и путем естественной фильтрации проникают в почву, изменяя её компонентный и количественный состав, тем самым привычную среду обитания для растений, уничтожая или же наоборот в малой концентрации выступают в роли микроэлемента, оказывая благоприятное воздействие на их развитие.

Нашими исследованиями в Белгородском ГАУ на черноземе типичном выявлено достоверное увеличение длины проростков льна (26,0%) и массы проростков (в 2,8 раза), которое наблюдалось при содержании Co^{2+} 1 мг/кг почвы. Отмечено также увеличение длины корешков льна (23,5%) и их массы (в 4,2 раза).

Закономерное возрастание длины проростков пажитника (8,9 и 12,8%) и массы (20,2 и 28,6%), а также длины корешков (24,9 и 31,0%) и массы (31,8 и 59,1%) проявилось при концентрации кобальта соответственно 0,1 и 1,0 мг/кг почвы.

Ключевые слова: возрастающие дозы солей кобальта, лен, пажитник, чернозем типичный тяжелосуглинистый.

DEPENDENCE OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF FLAX AND FENUGREEK IN EARLY LIFE FROM DIFFERENT CONCENTRATIONS OF COBALT CHLORIDE IN TYPICAL CHERNOZEM

Abstract. The Belgorod region is not quite typical for growing crops such as flax and fenugreek on large areas of soil and on an industrial scale.

They are not as important as wheat, barley or rye, but nevertheless they are cultivated in our region. Currently, a healthy lifestyle, proper and natural nutrition is being noticeably popularized. In connection with this trend, every person who is not indifferent to their health has heard about the beneficial properties of flax and fenugreek, has found use for their own good. The rapid growth of industrial production, the development of transport infrastructure, and, most importantly, the disregard by man of elementary ways to minimize the negative impact on the environment, will not bring about a number of changes in the living world. Of the large number of diverse chemicals entering the environment from anthropogenic sources, heavy metals occupy a special place. Through the atmosphere, they disperse, settle on the surface of the earth and by natural filtration penetrate into the soil, changing its component and quantitative composition, thereby destroying the habitual habitat for plants, or vice versa, in a small concentration, they act as a trace element, having a beneficial effect on their development.

Our studies in the Belgorod State Agrarian University on typical chernozem revealed a significant increase in the length of flax seedlings (26.0%) and the weight of seedlings (2.8 times), which was observed at a Co_2 content of + 1 mg/kg of soil. There was also an increase in the length of flax roots (23.5%) and their weight (4.2 times).

A regular increase in the length of fenugreek seedlings (8,9 and 12,8%) and weight (20,2 and 28,6%), as well as the length of roots (24,9 and 31,0%) and weight (31,8 and 59,1%) was manifested at a cobalt concentration of 0.1 and 1.0 mg/kg of soil, respectively.

Keywords: increasing doses of cobalt salts, flax, fenugreek, typical heavy loamy chernozem.

Введение. В настоящее время наиболее сильным по влиянию и отличающимся высочайшим уровнем химического загрязнения остаётся загрязнение почв тяжёлыми металлами. Они, как следствие, попадают в растения и аккумулируются ими [1].

Однако, тяжёлые металлы в малых концентрациях выступают в живых организмах как микроэлементы и играют важную роль в развитии живых организмов [2].

Цель и задачи. Целью настоящего исследования являлась оценка влияния возрастающих концентраций хлорида кобальта в черноземе типичном на морфометрические параметры льна и пажитника в модельном эксперименте [3].

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

- выявление изменений морфометрических параметров проростков и корней льна и пажитника в зависимости от концентраций хлорида кобальта в почве;
- оценка роли кобальта как микроэлемента;
- установление закономерности варьирования морфометрических параметров льна и пажитника от содержания в почве хлорида кобальта методом корреляционно-регрессионного анализа.

Объектами исследования являлись хлорид кобальта, лен и пажитник, чернозем типичный.

Кобальт является составной частью растений и животных. Он участвует в фиксации азота, усиливает интенсивность дыхания и фотосинтеза, повышает общее содержание воды в растениях, стимулирует клеточную репродукцию листьев, усиливает синтез белков, оказывает существенное влияние на процессы цветения и участвует в выработке витамина В12.

Лен долгунец (*Linum usitatissimum* L.) не прихотлив в выращивании, культура холодостойкая, всходы льна переносят кратковременные заморозки до минус 5, растение длинного дня. Благоприятной почвой является чернозем [4].

Пажитник (*Trigonèlla foenum-graecum* L.) – это однолетнее растение семейства бобовых, не требовательно к агротехническим приемам возделывания, предпочитает светлые, без затенения и хорошо прогреваемые места [5-8].

Условия и методика проведения опыта. Исследования по выявлению разных концентраций кобальта в почве на параметры длины и массы проростков и корней пажитника и льна в начале вегетации проводились в модельном опыте с почвенной культурой лаборатории микробиологии кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры Белгородского ГАУ.

Почва опытного участка – чернозем типичный тяжелосуглинистого гранулометрического состава со следующей агрохимической характеристикой пахотного 0-20 см слоя: органического вещества содержалось 3,3%, что характеризуется как низкое содержание [9, 10]. Реакция среды была нейтральной, на что указывает величина обменной кислотности $pH_{KCl}=6,3$ и гидролитической кислотности 1,5 мг-экв./100 г почвы. Содержание щелочногидролизующего азота (метод Корнфилда), подвижного фосфора и обменного калия (оба – метод Чирикова) характеризовалось, соответственно, как низкое, среднее и повышенное 133, 91 и 120 мг/кг почвы. Содержание кобальта подвижного (Co^{2+}) составляло 11 мг/кг и классифицировалось как очень низкое, согласно существующей градации, мг/кг почвы: < 0,8 – очень низкая, 0,9-3,0 – низкая, 3,1-5,6 – средняя, > 5,6 – высокая.

Почва насыщалась хлоридом кобальта ($CoCl_2$) из расчёта на Co^{2+} в разных концентрациях: 0,0; 0,01; 0,1; 1,0 мг/кг почвы.

При приготовлении концентраций навески $CoCl_2$ из расчёта на 1,0 мг/кг почвы взвешивались на аналитических весах. Концентрации 0,01 и 0,1 мг/кг готовились методом разбавления концентрации 1,0 мг/кг почвы, которая является предельно допустимой концентрацией для почвы (ПДК) [11]. Опыт проводился в четырёхкратной повторности. Полив осуществляли по мере необходимости, в среднем через два дня. Параметры проростков и корней определяли на 14 день после посева.

Взвешивание проростков и корней проводили на аналитических весах. Определяли морфометрические показатели: длину проростков и корней.

Результаты исследований. Применение хлорида кобальта из расчета 0,01 и 0,1 мг/кг почвы обусловило лишь тенденцию к увеличению проростков льна соответственно на 2,25 и 3,00 мм (3,1 и 4,2%). Достоверное же увеличение – на 18,75 мм (26,0%) наблюдалось при концентрации элемента 1 мг/кг почвы. Корреляционно-регрессионный анализ показал очень

высокую положительную коррелятивную зависимость длины проростков льна от концентрации кобальта в почве при коэффициенте корреляции $r = 0,9951$ (рис. 1).

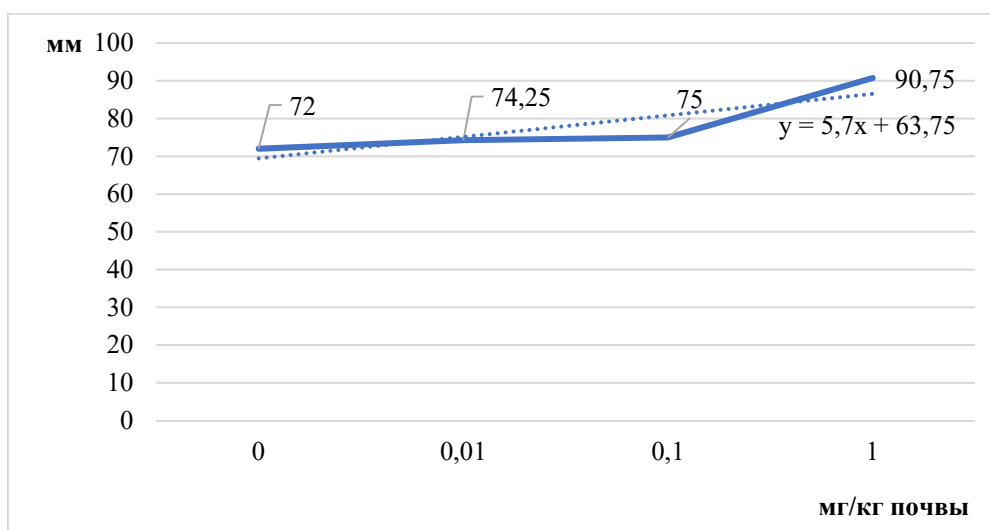


Рис. 1 – Изменение длины проростков льна под влиянием разных концентраций Co^{2+} , мм (НСР05 = 4,1 мм; $r = 0,9951$)

Аналогичная закономерность получена и при анализе результатов варьирования массы льна. Достоверное увеличение массы было получено также при концентрации Co^{2+} 1 мг/кг почвы, равное 0,09 г или в 2,8 раза (рис. 2). При этом коэффициент регрессии составил $r = 0,9954$, а зависимость описывалась уравнением регрессии $y = 0,027 * x + 0,01$.

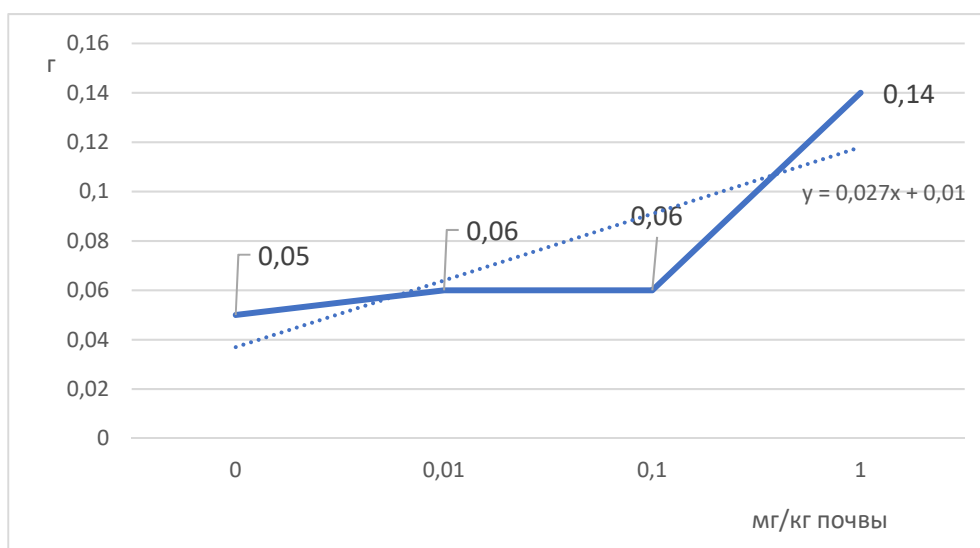


Рис. 2 – Изменение массы проростков льна под влиянием разных концентраций Co^{2+} , г (НСР05 = 0,03 г; $r = 0,9954$)

Направленность изменения параметров корешков льна соответствовала таковым, которые наблюдались у его проростков. Так, значимое увеличение длины корешков – на 6,75 мм (23,5%) – обнаружилось при концентрации кобальта 1 мг/кг почвы (рис. 3). Согласно данным корреляционно-регрессионного анализа выявлена очень высокая положительная коррелятивная зависимость длины корешков льна от концентрации кобальта в почве $r = 0,9976$.

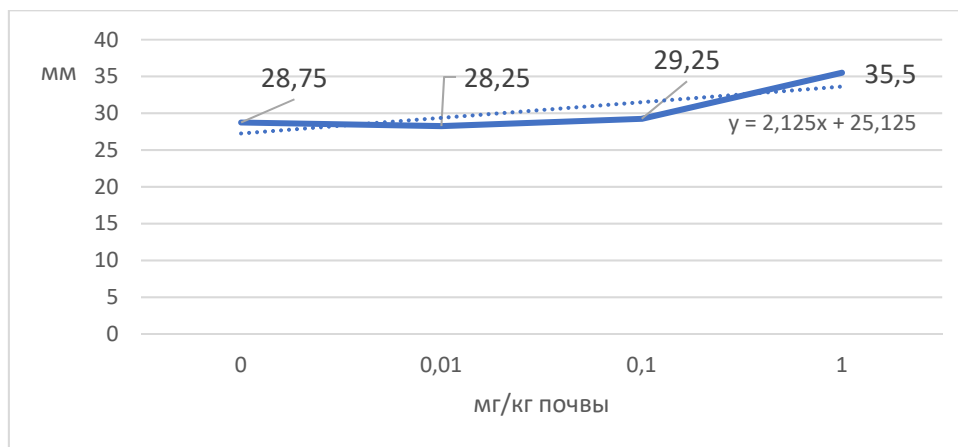


Рис. 3 – Изменение длины корешков льна под влиянием разных концентраций Co²⁺, мм (НСР05 = 4,4 мм; r = 0,9976)

Зависимость массы корешков льна от концентрации кобальта в почве ещё более тесная, так как коэффициент корреляции $r = 0,9991$ (рис. 4). Достоверное увеличение массы, равное 0,019 г, было получено также при концентрации Co²⁺ 1 мг/кг почвы или в 4,2 раза.

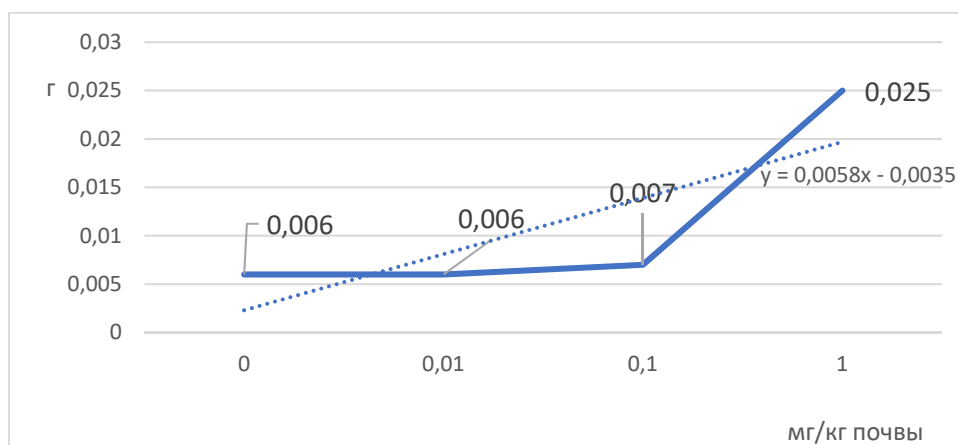


Рис. 4 – Изменение массы корешков льна под влиянием разных концентраций Co²⁺, г (НСР05 = 0,009 г; r = 0,9991)

Как показали наблюдения, длина проростков пажитника практически не изменяется при концентрации кобальта (Co²⁺) в почве 0,01 мг/кг (+ 1,0 мм; 1,7%) (рис. 5).

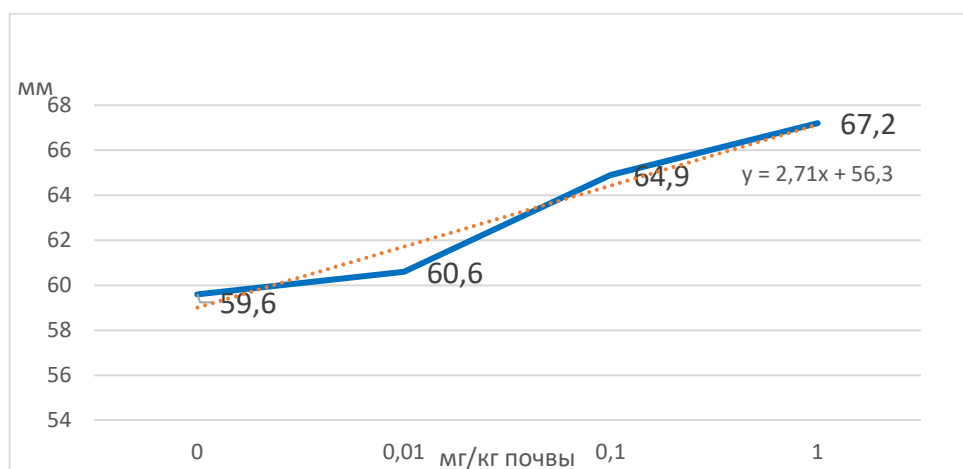


Рис. 5 – Изменение длины проростков пажитника под влиянием разных концентраций Co²⁺, мм (НСР05 = 2,95 мм; r = 0,8233)

Тогда как при концентрации 0,1 мг/кг почвы закономерно возросла на 5,3 мм (8,9%). Наибольшее увеличение отмечено при концентрации 1,0 мг/кг, которое составило 7,6 мм (12,8%). Однако, увеличение длина проростков пажитника при такой концентрации относительно концентрации 0,1 мг/кг почвы не достоверен – 2,3 мм или 3,5% (НСР05=2,95 мм). В целом, корреляционно-регрессионный анализ выявил высокую положительную коррелятивную зависимость длины проростков пажитника от концентрации кобальта в почве при коэффициенте корреляции $r = 0,8233$.

Концентрация 0,01 мг/га вызвала лишь тенденцию к увеличению массы проростков (+0,06 г), а 0,1 и 1,0 мг/кг способствовала достоверному увеличению её, соответственно на 0,17 и 0,24 г (20,2 и 28,6%) (рис. 6).

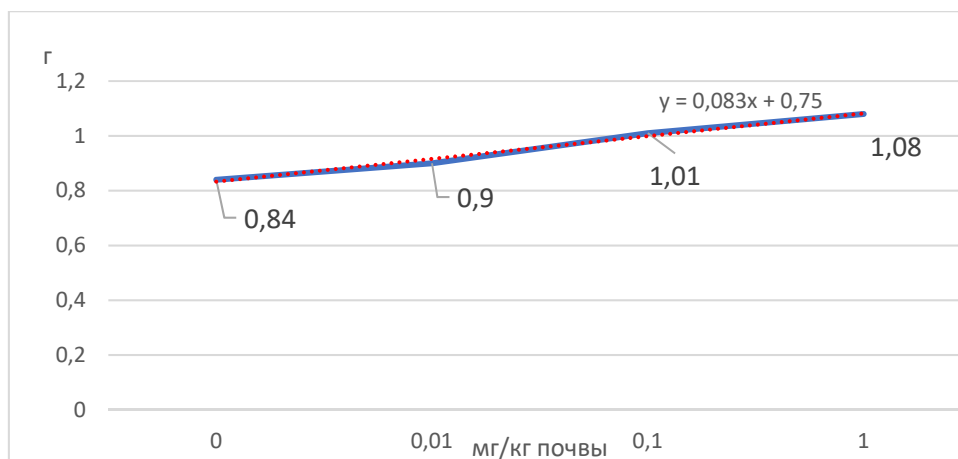


Рис. 6 – Изменение массы проростков пажитника под влиянием разных концентраций Co²⁺, г (НСР05 = 0,09 мм; $r = 0,8127$)

Изменение массы в диапазоне воздействия этих концентраций не достоверно, которое составило 0,07 г. Тренд зависимости массы проростков от концентраций Co²⁺ описывался уравнением регрессии $y = 0,083 * x + 0,75$, а коэффициент корреляции $r = 0,8127$.

Достоверное увеличение длины корешков пажитника наблюдалось при концентрации кобальта 0,1 и 1,0 мг/кг почвы (соответственно + 14,8 и 18,5 мм (24,9 и 31,0%) (рис. 7).

Концентрация 0,01 мг/кг, а также изменение концентрации от 0,1 до 1,0 мг/кг не вызвали достоверных изменений длины корешков, соответственно + 4,4 и 3,7 мм (7,4 и 5,0%). Тренд зависимости длины проростков от концентраций Co²⁺ описывался уравнением регрессии $y = 6,59 * x + 52,45$ при коэффициенте корреляции $r = 0,7603$.

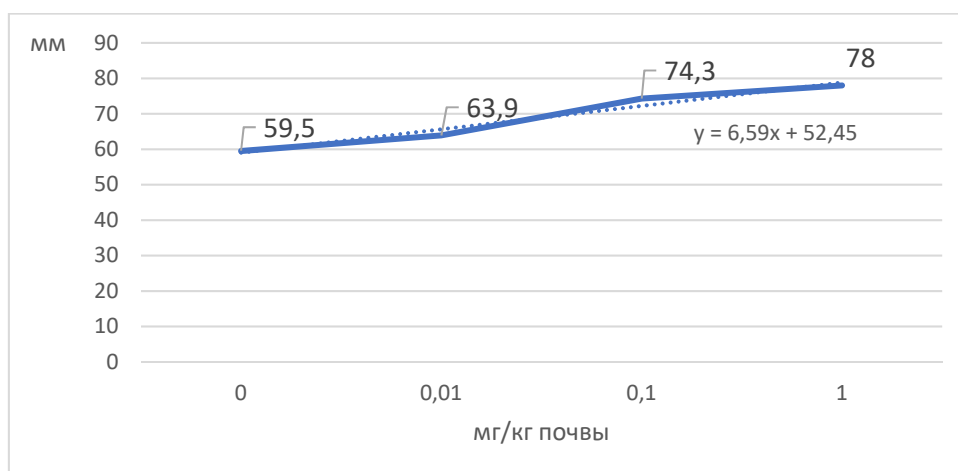


Рис. 7 – Изменение длины корешков пажитника под влиянием разных концентраций Co²⁺, мм (НСР05 = 5,19 мм; $r = 0,7603$)

Достоверное увеличение массы пажитника наблюдалось при концентрации 0,1 и 1,0 мг/кг почвы, которое составило 0,07 и 0,13 г (31,8 и 59,1%) (рис. 8).

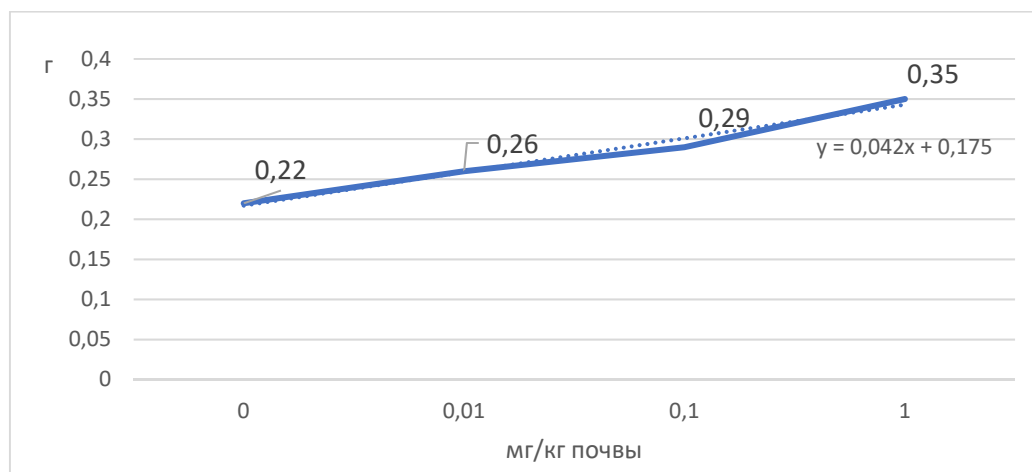


Рис. 8 – Зависимость массы корешков пажитника под влиянием разных концентраций Co²⁺, г (НСР₀₅ = 0,05 г; r = 0,8907)

Значимое увеличение отмечено и в результате повышения концентрации от 0,1 до 1,0 мг/кг (0,06 мг/кг почвы; 20,7%). Недостоверное же – при концентрации 0,01 мг/кг почвы. Зависимость массы корешков от концентраций кобальта высокая: коэффициент корреляции составил $r = 0,8907$, а тренд зависимости массы корешков от концентраций Co²⁺ описывался уравнением регрессии $y = 0,042 * x + 0,175$.

Выводы. Исследования позволили выявить, что применение Co²⁺ в виде хлорида кобальта из расчёта 0,01 и 0,1 мг/кг почвы обусловило тенденцию к увеличению длины проростков льна соответственно на 2,25 и 3,00 мм или на 3,1 и 4,2%. Достоверное увеличение – на 18,75 мм (26,0%) наблюдалось при концентрации элемента 1 мг/кг почвы. Значимое увеличение массы проростков льна было получено также при концентрации Co²⁺ 1 мг/кг почвы, равное 0,09 г (в 2,8 раза).

Достоверное увеличение длины корешков льна – на 6,75 мм (23,5%) – отмечено при концентрации кобальта 1 мг/кг почвы, а массы корешков – в 4,2 раза.

Закономерное возрастание длины проростков пажитника на 5,3 мм (8,9%) наблюдалось при концентрации кобальта в почве 0,1 мг/кг. Наибольшее увеличение отмечено при концентрации 1,0 мг/кг, которое составило 7,6 мм (12,8%). Концентрация 0,01 мг/га вызвала лишь тенденцию к увеличению массы проростков (+ 0,06 г), а 0,1 и 1,0 мг/кг способствовала достоверному увеличению её, соответственно на 0,17 и 0,24 г (20,2 и 28,6%).

Достоверное увеличение длины корешков пажитника наблюдалось при концентрации кобальта 0,1 и 1,0 мг/кг почвы (соответственно + 14,8 и 18,5 мм или 24,9 и 31,0%). При такой же концентрации кобальта зависимость массы корешков высокая, увеличение массы пажитника составило 0,07 и 0,13 г (31,8 и 59,1%).

Библиография

1. Белимов А.А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений (обзор) / А.А. Белимов, И.А. Тихонович // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 10-15.
2. Никифорова Л.О. Влияние тяжелых металлов на процессы биохимического окисления органических веществ / Л.О. Никифорова. – М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2017. – 183 с.
3. Черных Ю.О. Изменение морфометрических параметров льна и пажитника в зависимости от возрастающих доз хлорида кобальта на черноземе типичном: выпускная квалификационная работа. Направление подготовки: 05.04.06 Экология и природопользование Профиль – Региональная флора и фауна / Ю.О. Черных; рук. работы М.А. Куликова; Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина [и др.]. – Майский : [б. и.], 2022. – 54 с.
4. Наумкин В.Н. К разработке эффективных дифференцированных технологий возделывания полевых культур / В.Н. Наумкин, Л.А. Наумкина, А.Н. Крюков, А.М. Хлопяников [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: теоретический и научно-практический журнал. – 2019. – № 1. – С. 127-131.

5. Наумкин В.Н. Влияние макро- и микроудобрений, их сочетаний на формирование урожайности и качество семян люпина белого в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона / В.Н. Наумкин, А.С. Блинник, О.Ю. Артёмова, А.Н. Демидова [и др.] // Кормопроизводство. – 2021. – № 3. С. 32-37.
6. Наумкин В.Н. Формирование продуктивности семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений в условиях Центрально-Чернозёмного региона / В.Н. Наумкин, А.С. Блинник, А.Н. Крюков, Л.А. Наумкина [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2. С. 167-177.
7. Ступаков А.Г. Влияние агротехнологических приемов на азотный режим чернозема типичного / А.Г. Ступаков, М.А. Куликова, А.А. Ореховская // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2020. – № 4 (18). – С. 108-116.
8. Муравьев А.А. Особенности формирования урожайности и качества семян различных сортов сои при использовании биопрепарата Биогор, Ж // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 5. С. 45-48. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10507.
9. Ореховская А.А., Ступаков А.Г., Куликова М.А., Донченко И.С. Агроэкологическое состояние почв Белгородской области / Проблемы и решения современной аграрной экономики: материалы XXI Международной научно-производственной конференции (п. Майский, 23-24 мая 2017 г.): в 2 т. Т.1. – п. Майский : Изд-во БелГАУ, 2017. – С. 177-178.
10. Ореховская А.А., Ступаков А. Г., Куликова М.А. Азотный режим чернозема типичного при длительном применении удобрений и урожайность озимой пшеницы // Научная Жизнь. – 2018. – № 12. – С. 93-101.
11. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» Retrieved from: <http://www.rsn-chel.ru/wp-content/uploads/2015/04/GN-2.1.7.2041-06-Postanovlenie-Glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-RF-Predelno-dopustimye-kontsentratsii-PDK-himicheskikh-veshhestv-v-pochve.pdf>.

References

1. Belimov A.A. Microbiological aspects of stability and accumulation of heavy metals in plants (review) / A.A. Belimov, I.A. Tikhonovich // Agricultural Biology. – 2011. – № 3. – P. 10-15.
2. Nikiforova, L.O. The influence of heavy metals on the processes of biochemical oxidation of organic substances / L.O. Nikiforova. – M. : Binom. Laboratory of Knowledge, 2017. – 183 p.
3. Chernykh Yu.O. Change of morphometric parameters of flax and fenugreek depending on increasing doses of cobalt chloride on typical chernozem: final qualifying work. Direction of training: 05.04.06 Ecology and nature management Profile – Regional flora and fauna / Yu.O. Chernykh; ruk. works by M.A. Kulikov; Belgorod State University named after V.Ya. Gorin [et al.]. – Maysky : [B. I.], 2022. – 54 p.
4. Naumkin V.N. To the development of effective differentiated technologies of cultivation of field crops / V.N. Naumkin, L.A. Naumkina, A.N. Kryukov, A.M. Khlopyanikov [et al.] // Innovations in agriculture: problems and prospects: theoretical and scientific-practical journal. – 2019. – № 1. – Pp. 127-131.
5. Naumkin V.N. The influence of macro- and micro fertilizers, their combinations on the formation of yield and quality of white lupine seeds in the conditions of the southwestern part of the Central Chernozem region / V.N. Naumkin, A.S. Blinnik, O.Y. Artemova, A.N. Demidova [et al.] // Feed production. – 2021. – № 3. Pp. 32-37.
6. Naumkin V.N. Formation of productivity of white lupine seeds depending on mineral macro- and micro fertilizers in the conditions of the Central Chernozem region / V.N. Naumkin, A.S. Blinnik, A.N. Kryukov, L.A. Naumkina [et al.] // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2021. – № 2. Pp. 167-177.
7. Stupakov A.G. The influence of agrotechnological techniques on the nitrogen regime of typical chernozem / A.G. Stupakov, M.A. Kulikova, A.A. Orekhovskaya // Agro-industrial technologies of Central Russia. – 2020. – № 4 (18). – Pp. 108-116.
8. Muravyev A.A. Features of the formation of yield and quality of seeds of various varieties of soybeans when using biologics Biogor, Zh // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2021. Vol. 35. № 5. Pp. 45-48. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10507.
9. Orekhovskaya A.A., Stupakov A.G., Kulikova M.A., Donchenko I.S. Agroecological state of soils of the Belgorod region / Problems and solutions of modern agrarian economy: materials of the XXI International Scientific and Production Conference (P. Maysky, May 23-24, 2017): in 2 vols. 1. – P. Maysky : Publishing House BelGAU, 2017. – Pp. 177-178.
10. Orekhovskaya A.A., Stupakov A.G., Kulikova M.A. Nitrogen regime of typical chernozem with prolonged use of fertilizers and yield of winter wheat // Scientific Life. – 2018. – № 12. – Pp. 93-101.
11. GN 2.1.7.2041-06 «Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in soil» Retrieved from: <http://www.rsn-chel.ru/wp-content/uploads/2015/04/GN-2.1.7.2041-06-Postanovlenie-Glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-RF-Predelno-dopustimye-kontsentratsii-PDK-himicheskikh-veshhestv-v-pochve.pdf>

Сведения об авторах

Черных Юлия Олеговна, магистрант агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: chernyhyulia1997@gmail.com

Куликова Марина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент 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. +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru

Ступаков Алексей Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru

Information about authors

Chernykh Julia Olegovna, master student of the Faculty of Agronomy, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: chernyhyulia1997@gmail.com

Kulikova Marina Alekseevna, candidate of agricultural Sciences, associate Professor of the Department of agricultural chemistry, land management, ecology and landscape architecture, Belgorod state agricultural University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel: +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru

Stupakov Alexey Grigoryevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Belgorod State Agrarian University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 338.436.33:005.334

С.Н. Алейник, Ю.А. Китаёв, А.А. Сидоренко

МЕТОДИКА МОНИТОРИНГА РИСКОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕГИОНА

Аннотация. Санкционное воздействие на экономику Российской Федерации находит свое отражение в появлении новых, не типичных для хозяйствующих субъектов, рисков, а также росте значимости отдельных существующих рисков. Данный факт подчеркивает актуальность разработки системы мониторинга рисков в агропромышленном комплексе на кратко-, средне- и долгосрочную перспективу. В рамках исследования предложен алгоритм проведения мониторинга, включающий 7 этапов. Апробация предлагаемой методики позволила выявить критические продовольственные подкомплексы АПК Белгородской области и ключевые риски технологических цепочек. С использованием экспертных методов сформирован каталог рисков, дифференцированных по группам: производственно-технологические риски, предпринимательские риски, риски логистики и сбыта, инновационные риски и кадровые риски. На основе каталога разработаны опросные листы для стейкхолдеров отрасли. Статистическая обработка результатов опроса и расчет интегральной величины оценки рисков позволили установить причинно-следственные связи между рисками и определить значимость каждого из них. При расчете интегральной величины оценки рисков учитывались следующие факторы: важность риска для устойчивости деятельности сельхозтоваропроизводителя, вероятный период наступления риска, степень воздействия риска на себестоимость производимой продукции, финансовый результат, степень готовности к технологической модернизации производственного процесса, степень технологической критичности риска для производственного процесса, степень готовности к переходу на ресурсы-субституты. Визуализация карты рисков проводилась с использованием диаграммы Исикавы. Установлено, что наиболее существенными рисками являются: недоступность специализированного программного обеспечения, недоступность природных и экологических ресурсов, недоступность оборудования, сокращение объема инвестиций в отрасль, дефицит собственных оборотных средств, снижение спроса на продукцию или сокращение емкости рынка, нарушение логистических цепочек поставки расходных материалов, изменение структуры видов транспорта, смена транспортных коридоров. Обоснована необходимость разработки непрерывной системы мониторинга рисков в АПК региона.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, производственно-технологические риски, предпринимательские риски, логистические риски, инновационные риски, кадровые риски, интегральная оценка, карта рисков.

METHODOLOGY FOR MONITORING RISKS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION

Abstract. The impact of sanctions on the economy of the Russian Federation is reflected in the emergence of new risks that are not typical for business entities, as well as the growth in the significance of certain existing risks. This fact emphasizes the relevance of developing a risk monitoring system in the agro-industrial complex in the short, medium and long term. As part of the study, a monitoring algorithm was proposed, which includes 7 stages. Approbation of the proposed methodology made it possible to identify critical food subcomplexes of the agro-industrial complex of the Belgorod region and the key risks of technological chains. With the use of expert methods, a catalog of risks was formed, differentiated by groups: production and technological risks, entrepreneurial risks, logistics and sales risks, innovative risks and personnel risks. Based on the catalog, questionnaires were developed for industry stakeholders. Statistical processing of the survey results and calculation of the integral value of the risk assessment made it possible to establish causal relationships between risks and determine the significance of each of them. When calculating the integral value of the risk assessment, the following factors were taken into account: the importance of the risk for the sustainability of the agricultural producer, the likely period of the risk, the degree of impact of the risk on the cost of production, the financial result, the degree of readiness for technological modernization of the production process, the degree of technological criticality risk for the production process, the degree of readiness to switch to substitute resources. The visualization of the risk map was carried out using the Ishikawa diagram. It has been established that the most significant risks are: unavailability of specialized software equipment, unavailability of natural and environmental resources, unavailability of equipment, reduced investment in the industry, shortage of working capital, reduced demand for products or reduced market capacity, violation of logistics supply chains for consumables, changing the structure of modes of transport, changing transport corridors. The necessity of developing a continuous risk monitoring system in the agro-industrial complex of the region is substantiated.

Keywords: agro-industrial complex, production and technological risks, entrepreneurial risks, logistical risks, innovation risks, personnel risks, integrated assessment, risk map.

Белгородская область является одним из национальных лидеров в сфере агропродовольственного производства. Вклад отрасли в формирование региональной валовой продукции достигает уровня 30,0%, и составляет 4,6% от национального производства продукции сельского хозяйства.

По состоянию на 2021 г. в регионе было произведено более 3,0 млн т зерна, что позволило области занять по производству зерновых культур 3 место в стране и 2 – в ЦФО. Также в прошедшем году область стала национальным лидером по производству подсолнечника – производителями региона был собран урожай данной культуры в объеме 485,5 тыс. т.

В отрасли животноводства Белгородчина продолжает сохранять за собой лидерство в производстве мяса. В 2021 г. мясной кластер региона произвел более 1700 тыс. т мяса, что составляет 11,0% от национального производства и порядка 30,0% от мяса, производимого в ЦФО.

Говоря об эффективности агропромышленного производства региона, следует отметить, что валовая продукция сельского хозяйства в области в 2021 г. составила 345,6 млрд руб., что на 50,0% больше, чем в 2017 г. При этом производительность труда в отрасли составила 6,2 млрд руб. в расчете на 1 работника, а продуктивность пашни – 230,0 тыс. руб. в расчете на 1 гектар, что является максимальным значением в стране.

Вместе с тем, в условиях санкционного давления перед отраслью стоит целый ряд вызовов, решение которых должно обеспечить поступательное развитие агропромышленного производства региона и снижение технологической импортозависимости.

Анализ импортозависимости национального АПК свидетельствует о том, что высокую долю импорта имеют, прежде всего высокотехнологичные сектора. В частности, в сегменте культур микроорганизмов доля импорта составляет более 90,0%, а главными производителями являются компании из ЕС и США. Аналогичная ситуация складывается в сегменте пищевых ароматизаторов и пищевых добавок, где 75,0% и 70,0% продукции соответственно импортируется из-за рубежа.

В связи с этим, следует понимать, что высокая технологическая зависимость в совокупности со значительным санкционным давлением многократно увеличивает риски сельскохозяйственных товаропроизводителей. Среди таковых следует выделить:

- невозможность в полной мере и своевременно проводить плановое техническое обслуживание технических средств и оборудования;
- рост стоимости расходных материалов и запасных частей к оборудованию и техническим средствам, вызванный нарушением логистических цепочек поставки;
- существенное сокращение доступа к мировым селекционно-генетически разработкам и достижениям и, как следствие, снижение качества используемого семенного материала;
- сокращение поставок биологических и иммунобиологических биопрепаратов, специальных кормовых добавок и т.д.;
- высокая зависимость от иностранного программного обеспечения, используемого в технологическом оборудовании.

С учетом роста значимости вышеперечисленных рисков возникает необходимость разработки системы непрерывного их мониторинга на уровне региональных органов исполнительной власти.

Теория и методология экономической науки обладает значительным набором инструментария, позволяющим провести оценку хозяйственных рисков, в том числе отраслевых. Всю совокупность методов оценки рисков как на уровне отдельных хозяйствующих субъектов, так и отрасли в целом, можно объединить в следующие группы: экономико-математические, экспертные, экономико-статистические (рис. 1). Первая группа методов дает возможность провести количественную оценку величины риска. Использование экспертных методов оценки рисков предполагает привлечение для выявления и оценки рисков экспертов – лиц имеющих высокий уровень профессиональных знаний и опыта в предметной

области. Экономико-статистические методы, которые рассматривают риск как принципиальную возможность возникновения потерь в условиях неопределенности.



Рис. 1 – Методы оценки рисков

Вместе с тем, в мировой практике при оценке рисков наибольшее распространение получил метод оценки рисков, основанный на построении диаграммы Исикавы. По своей сути данная диаграмма позволяет визуализировать причинно-следственные связи между явлениями различного уровня. Она дает возможность выделения ключевых параметров процессов или явлений, оказывающих воздействие на конечную цель.

В связи с этим считаем, что при разработке методики мониторинга рисков в АПК Белгородской области следует использовать преимущества как традиционного инструментария оценки рисков, так и международного.

Методика мониторинга операционных, тактических и стратегических рисков для сельхозтоваропроизводителей Белгородской области должна включать в себя следующие этапы:

- выявление критических агропродовольственных подкомплексов АПК области, обеспечивающих эффективное развитие сельского хозяйства;
- построение технологических цепочек по основным агропродовольственным подкомплексам области с выявлением ключевых критических элементов технологии;
- формирование каталога рисков на кратко-, средне- и долгосрочную перспективу;
- верификация каталога рисков с привлечением экспертного сообщества и стейкхолдеров отрасли;
- систематизация и оцифровка каталога рисков для проведения опроса хозяйствующих субъектов региона;
- статистическая оценка полученных результатов;
- визуализация причинно-следственных связей группы рисков в форме карты рисков.

В процессе апробации предлагаемого алгоритма были выявлены критические агропродовольственные подкомплексы АПК Белгородской области, к которым относятся:

- производство продукции птицеводства;
- производство продукции свиноводства;
- производство молока и молочных продуктов;

- свеклосахарное производство;
- производство зерновых культур;
- масложировой подкомплекс;
- кормопроизводство, в т.ч. производство комбикормов.

По данным подкомплексам были построены бизнес-цепочки, которые позволили выявить ключевые отраслевые риски. Верификация выявленных рисков на стратегической сессии с привлечением стейкхолдеров отрасли позволила сформировать каталог рисков, дифференцированных по группам:

1. Производственно-технологические риски:

- недоступность селекционно-генетического материала (R₁);
- недоступность семенного материала (R₂);
- недоступность ветеринарных, иммунобиологических препаратов, средств защиты растений и животных (R₃);
- недоступность ферментов и удобрений, минеральных удобрений, биопрепаратов для растениеводства (R₄);
- недоступность компонентов корма, кормовых добавок, готовых специальных кормов (R₅);
- невозможность поставки специализированных тарных материалов и упаковки (R₆);
- недоступность оборудования (R₇);
- недоступность запасных частей и расходников для оборудования, материалов для обслуживания (R₈);
- недоступность специализированного программного обеспечения (R₉);
- недоступность природных и экологических ресурсов (вода, пашня, и др.) (R₁₀);
- снижение почвенного плодородия в условиях интенсификации производства (R₁₁).

2. Предпринимательские риски:

- дефицит собственных оборотных средств (низкая ликвидность) (R₁₂);
- недоступность заемных средств (высокие кредитные ставки) (R₁₃);
- сокращение объема инвестиций в отрасль (R₁₄);
- рост сложности финансирования экспортных операций (R₁₅);
- снижение спроса на продукцию/ объемов рынка (R₁₆);
- рост власти переработчиков (R₁₇);
- снижение маржинальности производимой продукции (R₁₈).

3. Риски логистики и сбыта:

- нарушение цепочек поставок продукции (R₁₉);
- нарушение логистических цепочек поставки расходных материалов (R₂₀);
- эмбарго на экспорт продукции (R₂₁);
- изменение структуры видов транспорта, смена транспортных коридоров (R₂₂).

4. Инновационные риски

- недоступность новых видов питания: кормовые добавки, аминокислоты, ферменты и др. (R₂₃);
- недоступность новых видов биотехнологических удобрений (R₂₄);
- недоступность новых видов ветеринарных препаратов (R₂₅);
- недоступность новых видов селекционно-генетических технологий и семенного материала (R₂₆);
- недоступность новых технологий (оборудования) для с/х промышленности (R₂₇);
- недоступность новых технологий (оборудования) для пищевой промышленности (R₂₈).

5. Кадровые риски:

- недоступность кадров (R₂₉);
- сокращение сотрудников в связи с остановкой производства (R₃₀);
- недоступность исследовательских ресурсов (в том числе лабораторная база, научная инфраструктура) (R₃₁).

Статистическая обработка результатов опроса стейкхолдеров отрасли позволяет рассчитать интегральную величину оценки рисков (I), которая рассчитывается с учетом следующих факторов:

- важность риска для устойчивости деятельности сельхозтоваропроизводителя (F₁);
- вероятный период наступления риска (F₂);
- степень воздействия риска на себестоимость производимой продукции, финансовый результат (F₃);
- степень готовности к технологической модернизации производственного процесса (F₄);
- степень технологической критичности риска для производственного процесса (F₅);
- степень готовности к переходу на ресурсы-субституты (F₆) (табл. 1).

Таблица 1 – Расчет интегральной величины оценки рисков

Риски	Факторы						I	Ранг
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₅	F ₆			
Группа 1								
R ₉	2,531	1,800	2,118	0,406	2,174	8,521	0,189	
R ₁₀	2,031	3,050	2,214	0,250	1,857	6,369	0,141	
R ₇	3,500	1,274	2,615	0,188	2,370	5,184	0,115	
R ₁	1,500	1,308	2,846	0,313	2,333	4,071	0,090	
R ₈	3,844	1,081	2,630	0,156	2,345	4,002	0,089	
R ₁₁	0,844	3,000	2,200	0,344	2,000	3,829	0,085	
R ₅	1,531	1,000	2,769	0,344	2,000	2,915	0,065	
R ₆	2,375	1,341	2,409	0,219	1,650	2,769	0,061	
R ₂	1,750	0,929	2,625	0,281	2,250	2,699	0,060	
R ₄	1,563	1,208	2,688	0,250	2,000	2,537	0,056	
R ₃	1,844	1,059	2,667	0,188	2,222	2,169	0,048	
Сумма						45,065		
Группа 2								
R ₁₄	3,406	1,630	2,136	0,156	1,853	0,240		
R ₁₂	3,156	0,944	2,773	0,188	1,550	0,200		
R ₁₆	3,156	1,205	2,870	0,125	1,364	0,176		
R ₁₃	3,625	1,017	2,640	0,125	1,217	0,157		
R ₁₈	3,813	1,121	2,786	0,094	1,116	0,144		
R ₁₅	1,063	1,577	1,917	0,125	0,401	0,052		
R ₁₇	2,000	1,719	2,188	0,031	0,235	0,030		
Сумма					7,735			
Группа 3								
R ₂₀	3,750	0,867	2,538	0,094	0,773	0,366		
R ₂₂	2,469	1,318	2,333	0,094	0,712	0,336		
R ₁₉	3,313	0,818	2,524	0,063	0,428	0,202		
R ₂₁	1,094	1,273	2,333	0,063	0,203	0,096		
Сумма					2,116			
Группа 4								
R ₂₈	2,344	1,921	2,000	9,005	0,316			
R ₂₇	2,250	1,194	2,188	5,879	0,206			
R ₂₆	1,938	1,200	1,857	4,318	0,151			
R ₂₅	1,625	1,038	2,167	3,656	0,128			
R ₂₃	1,938	0,933	1,643	2,971	0,104			
R ₂₄	1,125	1,318	1,818	2,696	0,095			
Сумма				28,525				
Группа 5								
R ₃₀	1,438	2,857	4,107	0,353				
R ₂₉	2,906	1,365	3,968	0,341				
R ₃₁	1,344	2,650	3,561	0,306				
Сумма			11,636					

Проведенные расчеты позволяют визуализировать карту рисков на рисунке 2.



Рис. 2 – Карта рисков на кратко- и среднесрочную перспективу АПК Белгородской области

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что для сельскохозяйственных товаропроизводителей Белгородской области приоритетными рисками являются:

- недоступность специализированного программного обеспечения (ранг – 0,189);
- недоступность природных и экологических ресурсов (ранг – 0,141);
- недоступность оборудования (ранг – 0,115);
- сокращение объема инвестиций в отрасль (ранг – 0,240);
- дефицит собственных оборотных средств (ранг – 0,200);
- снижение спроса на продукцию или сокращение емкости рынка (ранг – 0,176);
- нарушение логистических цепочек поставки расходных материалов (ранг – 0,366);
- изменение структуры видов транспорта, смена транспортных коридоров (ранг – 0,336).

Вместе с тем, следует понимать, что риски, прежде всего определяются рыночной конъюнктурой, которая характеризуется высокой динамичностью. Следовательно, для адекватной оценки рисков и вероятности их наступления необходима непрерывная система мониторинга рисков, учитывающая изменчивость внешней макросреды.

Библиография

1. Азаренко В.В. Методические подходы оценки и управления производственным риском в растениеводческой отрасли АПК / В.В. Азаренко, А.Л. Мисун // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук – 2017. – № 3. – С. 99-108.
2. Безденежных В.М. Методика оценки рисков развития предприятий АПК: содержание и последовательность (алгоритм) реализации для целей моделирования / В.М. Безденежных, Л.Х. Боташева, Д.Ф. Ализада // Вопросы региональной экономики. – 2020. – № 2 (43). – С. 236-245.
3. Белова Л.А. Влияние рисков на межрегиональную конкурентоспособность сельского хозяйства Краснодарского края / Л.А. Белова, К.В. Пономаренко, Е.А. Фомина // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 5 (40). – С. 49-59.
4. Валиева Г. Показатели оценки экономических рисков на предприятиях АПК / Г. Валиева, Д. Файзрахманов, Л. Хазеев // Нормирование и оплата труда в сельском хозяйстве. – 2016. – № 7. – С. 10-15.
5. Лойко В.И. Методика и модель оценки рисков макросреды интегрированной производственной системы АПК на основе интегрального показателя / В.И. Лойко, С.А. Курносов, Н.В. Ефанова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 123. – С. 1453-1470.
6. Распутина А.В. Прогнозирование рисков в системе АПК / А.В. Распутина, А.В. Винобер // Биосферное хозяйство: теория и практика. – 2020. – № 12 (30). – С. 43-54.
7. Nezamova O.A. Risk management at the enterprises of agroindustrial complex / O.A. Nezamova, Ju.A. Olentsova // Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration. – 2021. – Т. 10. – № 1 (34). – С. 229-232.

References

1. Azarenko V.V. Methodological approaches to assessing and managing production risk in the plant-water industry of the agro-industrial complex / V.V. Azarenka, A.L. Misun // Vests of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of agricultural sciences – 2017. – № 3. – P. 99-108.
2. Bezdenezhnykh V.M. Methodology for assessing the risks of development of agribusiness enterprises: content and sequence (algorithm) of implementation for modeling purposes / V.M. Bezdenezhnykh, L.Kh. Botasheva, D.F. Alizada // Issues of regional economics. – 2020. – № 2 (43). – S. 236-245.
3. Belova L.A. Influence of risks on the interregional competitiveness of agriculture in the Krasnodar Territory / L.A. Belova, K.V. Ponomarenko, E.A. Fomina // Bulletin of the Academy of Knowledge. – 2020. – № 5 (40). – Pp. 49-59.
4. Valieva G. Indicators for assessing economic risks at agricultural enterprises / G. Valieva, D. Fayzrakhmanov, L. Khazeev // Rationing and wages in agriculture. – 2016. – № 7. – P. 10-15.
5. Loiko V.I. Technique and model for assessing the risks of the macro environment of the integrated production system of the agro-industrial complex based on the integral indicator / V.I. Loiko, S.A. Kurnosov, N.V. Efanova // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2016. – № 123. – S. 1453-1470.
6. Rasputina A.V. Forecasting risks in the agro-industrial complex system / A.V. Rasputin, A.V. Vinober // Biospheric economy: theory and practice. – 2020. – № 12 (30). – S. 43-54.
7. Nezamova O.A. Risk management at the enterprises of agroindustrial complex / O.A. Nezamova, J.A. Olentsova // Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration. - 2021. – Т. 10. – № 1 (34). – S. 229-232.

Сведения об авторах

Алейник Станислав Николаевич, кандидат технических наук, доцент, ректор, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: +74722 39-21-79, e-mail: info@bsaa.edu.ru

Китаёв Юрий Александрович, кандидат экономических наук, декан экономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: +74722 39-26-97, e-mail: Kitaev_YA@bsaa.edu.ru

Сидоренко Артем Александрович, старший преподаватель кафедры экономики, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел.: + 74722 39-26-97, e-mail: ArtS90@yandex.ru

Information about authors

Aleinik Stanislav Nikolaevich, PhD in technical sciences, Associate Professor, Rector of Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, st. Vavilova, d. 1, Maisky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: +74722 39-21-79, e-mail: info@bsaa.edu.ru

Kitaev Yury Alexandrovich, PhD in economics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Economics, Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: +74722 39-26-97, e-mail: Kitaev_YA@bsaa.edu.ru

Sidorenko Artem Aleksandrovich, Senior Lecturer, Department of Economics, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, st. Vavilova, d. 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, tel.: + +74722 39-26-97, e-mail: ArtS90@yandex.ru

УДК 311.313

В.Н. Гончаров, А.Ф. Дорофеев, И.В. Толоч, Д.Ю. Чугай

ТЕНДЕНЦИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

Аннотация. В статье на базе статистических материалов рассмотрен анализ развития рынка труда Луганской Народной Республики, что предполагает участие в этом процессе различных составляющих его экономического потенциала, в том числе и трудового потенциала. Обобщенный анализ полученных данных позволил выявить наиболее проблемные места в развитии трудового потенциала в регионе и определить направления его дальнейшего совершенствования. Анализ трудового потенциала Луганской Народной Республики позволил получить результаты, которые показали общую картину формирования трудового потенциала в республике. Результаты мониторинга общереспубликанского рынка труда показали сокращение численности населения региона на 42948 чел., но в то же время наметилась положительная динамика возвращения населения в республику. Проведенное исследование позволило определить сокращение занятости населения в основных отраслях материального производства за исследуемый период. Нами выявлены основные причины сокращения занятости в республике: несбалансированность и неэффективность отраслевой структуры экономики, особенно в промышленности и строительстве; сокращение объемов производства из-за общего кризиса экономики; общая тенденция роста удельного веса непродуцированной сферы; отсутствие цивилизованного развития финансово-кредитной и налоговой деятельности, направленной на развитие производства. На основе анализа данных экономической активности населения Луганской Народной Республики сделан вывод о том, что на протяжении последних десяти лет уровень экономической активности населения менялся незначительно и сохранялся на уровне 62-63% населения республики. Исследования состояния и тенденций изменения рынка труда Луганской Народной Республики позволило выявить сокращение безработицы, рост спроса на рабочую силу, уменьшение нагрузки на 1 рабочее место. Рассмотренная динамика развития рынка труда региона дала возможность оценить перспективы развития трудового потенциала Луганского региона в условиях социально-ориентированной экономики.

Ключевые слова: кадровый потенциал, мониторинг трудового потенциала, рынок труда, занятость, безработица.

TRENDS AND PATTERNS IN THE DEVELOPMENT OF THE LABOR POTENTIAL OF THE REGION

Abstract. In the article, on the basis of statistical materials, an analysis of the development of the labor market of the Luhansk People's Republic is considered, which implies the participation in this process of various components of its economic potential, including labor potential. A generalized analysis of the obtained data made it possible to identify the most problematic places in the development of labor potential in the region and determine the directions for its further improvement. An analysis of the labor potential of the Luhansk People's Republic made it possible to obtain results that showed a general picture of the formation of labor potential in the republic. The results of monitoring the republican labor market showed a decrease in the population of the region by 42,948 people, but at the same time, there has been a positive trend in the return of the population to the republic. The conducted research was able to determine the reduction in employment in the main sectors of material production during the study period. We identified the main reasons for the reduction in employment in the republic: imbalance and inefficiency of the sectoral structure of the economy, especially in industry and construction; reduction in production volumes due to the general economic crisis; the general trend of growth in the share of the non-productive sphere; lack of civilized development of financial, credit and tax activities aimed at the development of production. Based on the analysis of data on the economic activity of the population of the Luhansk People's Republic, it was concluded that over the past ten years the level of economic activity of the population has changed insignificantly and remained at the level of 62-63% of the population of the republic. The study of the state and trends in the labor market of the Lugansk People's Republic revealed a reduction in unemployment, an increase in demand for labor, and a decrease in the load on 1 workplace. The considered dynamics of the development of the labor market of the region made it possible to assess the prospects for the development of the labor potential of the Lugansk region in a socially oriented economy.

Keywords: human resources, monitoring of labor potential, labor market, employment, unemployment.

Введение. В связи с усилением роли регионального анализа изменилось отношение к главной производительной силе общества – человеку. Успешная деятельность предприятия невозможна без целостного подхода к управлению человеческим капиталом. В современных условиях необходима высокоэффективная комплексная система организации труда, которая

подразумевает не только рациональное использование ограниченных экономических ресурсов, но и развитие трудового капитала. Следовательно, трудовой потенциал региона сегодня является главной производительной силой общества.

Проблемам эффективного управления трудовыми ресурсами посвящены работы отечественных и зарубежных исследователей, таких как Ансофф И., Виханский О.С., Герасимчук В.Г., Гончаров В.В., Дойль П., Друкер П., Ефремов В.С., Мескон М.Х., Наумов и другие. Однако недостаточно внимания уделяется подходам регионального анализа развития трудового потенциала.

Анализ имеющихся публикаций данной направленности показал, что в основном в экономической литературе рассматриваются такие вопросы, как методика оценки трудового потенциала, его структура и измерение на уровне предприятия. При этом во внимание берутся личностные характеристики трудовых ресурсов и используемые на микроуровне показатели. На уровне региона анализируются либо отдельные элементы трудового потенциала, либо рассматриваются региональные особенности, состояние и тенденции развития составляющих интегрального показателя уровня трудового потенциала. При этом недостаточно внимания уделяется выявлению взаимосвязей и взаимообусловленности между показателями, формирующими трудовой потенциал региона. Это и определило направление исследования, результаты которого представлены в данной статье.

Цель исследования. Целью данного исследования является оценка перспективы развития трудового потенциала и анализ динамики развития рынка труда Луганской Народной Республики.

Методика. В процессе исследования использованы: общенаучная методология; системный подход к решению социально-экономических проблем; фундаментальные концепции и научные гипотезы, методы функционально-структурного анализа.

Результаты и обсуждение. Социально-экономическое развитие региона предполагает участие в этом процессе различных составляющих его экономического потенциала, в том числе и трудового потенциала.

В общепринятом смысле под трудовым потенциалом региона понимают максимально возможное на данный момент времени участие активной части населения в производстве с учетом его состояния здоровья, уровня профессиональной подготовки и накопленного опыта. Уровень трудового потенциала и эффективность его использования в значительной мере определяют возможности конкретного региона по созданию общественно необходимых благ и соответственно его доходность. Поэтому вопросы оценки состояния и эффективного использования трудового потенциала региона имеют важное практическое значение и составляют одну из наиболее интересных сфер научного познания [1].

Луганская Народная Республика развивается как регион, в котором формируются и совершенствуются институты социально-ориентированной экономики. Показателями поступательного развития республики, мощным фактором формирования его экономического и трудового потенциала является рост уровня занятости населения, повышение доходов граждан и их социально-экономическая защищенность. Занятость как результат взаимодействия спроса и предложения на рынке труда является одновременно важной социально-экономической категорией, отражает эффективность и структуру общественного производства, благосостояние членов общества и его социальную стабильность. Поэтому вопрос о повышении результативности регулирования рынка труда является одним из главных направлений регионального регулирования в социально-ориентированной экономике.

По данным Государственного комитета статистики ЛНР на территории республики проживает 1 млн. 508 тыс. чел. В то время как в Луганской народной республике находятся 1 млн. 512 тыс. чел. По данным комитета статистики в сельской местности 98 тыс. чел. постоянного населения, а фактического – 98 тыс.800 чел. В городах по данным Госкомстата ЛНР проживает 1 млн.410 тыс. чел. постоянного населения, а фактического – 1 млн. 414 тыс. чел. В столице ЛНР – городе Луганске, согласно полученным данным, проживает 439 тыс. чел. постоянного населения и 440 тыс. чел. фактического населения. Согласно демографическим

показателям с января 2017 года население ЛНР сократилось на 7,4 тыс. чел., а количество умерших более чем в два раза превышает количество родившихся [4].

Значительные изменения произошли в сельском хозяйстве, где доля наемных работников уменьшилась на 11,1%. Кроме того, сократилась доля, приходящаяся на промышленность – на 0,9%. Структурные сдвиги в сторону уменьшения показателя – на 0,1% – состоялись также в рыболовстве, рыбоводстве.

Во всех остальных сферах экономической деятельности увеличился удельный вес наемных работников, в том числе в торговле, ремонте автомобилей, бытовых изделий и предметов личного потребления, а также образованию на 3,1%; здравоохранении и предоставлении социальной помощи – на 1,6%, в финансовой деятельности – на 1,5%, операциях с недвижимым имуществом, аренде, инжиниринге и предоставлении услуг предпринимателям – на 1%; немного в меньшей степени увеличилась доля работников в государственном управлении (0,7%), деятельности транспорта и связи (0,5%), предоставлении услуг, деятельности в сфере культуры и спорта (0,4%), строительстве и деятельности гостиниц и ресторанов (0,1%). Это является свидетельством бурного развития отраслей рыночной инфраструктуры и снижение престижности труда в материальной сфере.

Таким образом, произошло сокращение занятости населения в основных отраслях материального производства за период 2012-2020 годов. Такое сокращение было обусловлено определенными причинами: несбалансированностью и неэффективностью отраслевой структуры экономики, особенно в промышленности и строительстве; сокращением объемов производства из-за общего кризиса экономики; общей тенденцией к росту удельного веса непромышленной сферы; отсутствием цивилизованного развития финансово-кредитной и налоговой деятельности, направленной на развитие производства.

Подавляющее большинство работающего населения региона сосредоточено на крупных и средних предприятиях, одновременно ежегодно наблюдается стабильная тенденция к абсолютному и относительному сокращению занятости на этих предприятиях [2]. Учитывая это, надо заметить низкий уровень оплаты труда в регионе, а особенно в сельском хозяйстве, который способствовал развитию различных форм работы по совместительству.

Показатели размера среднемесячной заработной платы, начисленной штатному работнику, по видам экономической деятельности в 2020 г. свидетельствуют о том, что самую высокую заработную плату получали работники сферы финансовых услуг – размер начисленной зарплаты превышал средний по экономике в 3,35 раза, также высокой была зарплата у работников сферы государственного управления (на 31,8% выше среднего уровня), транспорта и связи (превышала средний уровень на 26,4%), операциях с недвижимостью и предоставлении услуг предпринимателям, промышленности.

Низкий уровень заработной платы наблюдался в отраслях деятельности здравоохранения и предоставления социальной помощи, лесного хозяйства (около 70% уровня средней заработной платы в национальной экономике). Низкой была заработная плата в рыболовстве, рыбоводстве (на 46% ниже среднего уровня) и сельском хозяйстве – более чем на 36% ниже среднего уровня в региональной экономике.

Установлено, что занятость в сельском хозяйстве за последние годы развития социально-ориентированной рыночной экономики становится экономически непривлекательной для крестьян. Эти угрожающие тенденции свидетельствуют об упадке сельскохозяйственного производства в регионе, разрушение деревни как хозяйственного и общественно-культурного явления.

Эффективность функционирования рыночного механизма в сфере купли-продажи товара «рабочая сила» и мер регионального регулирования рынка труда Луганской народной республики можно выявить, анализируя неудовлетворенный спрос на труд или безработицу. Численность безработных в регионе в течение 2012-2020 годов уменьшилась с 2455,0 тыс. человек до 1425,1 тыс. чел. (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика численности безработных в Луганской Народной Республике

Год	Безработное население возрастом 15-70 лет		Безработное население трудоспособного возраста	
	в среднем, тыс. чел	в % к экономически активному населению соответствующей группы	в среднем, тыс. чел	в % к экономически активному населению соответствующей группы
2012	2,46	10,9	2,44	11,7
2013	2,14	9,6	2,13	10,3
2014	2,01	9,1	1,99	9,7
2015	1,91	8,6	1,89	9,2
2016	1,60	7,2	1,60	7,8
2017	1,52	6,8	1,51	7,4
2018	1,42	6,4	1,42	6,9
2019	1,43	6,4	1,42	6,9
2020	1,95	8,8	1,95	9,6

При этом уровень безработицы населения трудоспособного возраста с 2012 г. до 2020 г. снизился на 4,8% (с 2,44% до 1,42%), а в 2020 повысился до уровня 9,6% или на 2,7% по сравнению с предыдущим годом.

Следует отметить, что уровень безработицы населения трудоспособного возраста (по методологии МОТ) в 2020 в 2,8 раза превышал уровень зарегистрированной безработицы, рассчитанной по отношению к экономически активному населению трудоспособного возраста (у женщин – в 2,1 раза, мужчин – в 3,7 раза, городских поселений – в 3,5 раза, сельской местности – в 1,7 раза больше).

Анализ потребности предприятий Луганского региона в трудовых ресурсах свидетельствует о том, что в течение последних девяти лет общий спрос на рынке труда уменьшился на 31,1 тыс. человек (табл. 2). В течение последних лет в наибольшей степени увеличилась потребность в работниках простейших профессий на 3,3 тыс. человек или в 1,49 раза в 2020 г. по сравнению с 2010 г.

Таблица 2 – Потребность предприятий ЛНР в работниках по профессиональным группам в 2012-2020 гг., тыс. чел.

Годы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Всего	96,9	123,9	138,8	166,5	186,6	170,5	169,7	91,1	65,8
Законодательные, высшие государственные служащие, руководители, менеджеры (управители)	4,7	6,7	8,0	10,3	12,7	10,6	11,1	7	6,5
Профессионалы	9,2	12,9	15,1	16,9	18,6	14,5	16,5	10,9	10
Специалисты	9	12,2	13,8	15,3	17,4	15,4	15,6	12,1	9,1
Технические служащие	1,3	2,3	2,6	4,4	5,1	5,3	6,4	3,8	2,4
Работники сферы торговли и услуг	4,8	6,8	7,5	9,9	12,4	14,5	15,1	8,4	8
Квалифицированные работники сельского и лесного хозяйств, рыбозаповедение и рыболовство	1,2	1,7	1,8	2	2,3	1,9	1,4	0,8	0,7
Квалифицированные работники	37,7	44,7	48,8	53,6	56	50,7	48,8	20,1	11,4
Работники по обслуживанию, эксплуатации и контролю за работой технологического оборудования и машин	22,3	27,9	30,4	38	39,6	33,4	31,7	14,4	7,7
Простейшие профессии	6,7	8,7	10,8	16,1	22,5	24,2	23,1	13,6	10

Удельный вес в общей структуре спроса на рабочую силу увеличился до 15,2 (с 6,9% в 2010 г.); потребность в работниках сферы торговли и услуг за последние 9 лет увеличилась в 3,2 раза – с 4,8 тыс. человек в 2012 г. до 8,0 тыс. человек в 2020 году., доля в структуре спроса выросла более чем в 2 раза – с 5,0% до 12,2% в течение указанного периода; потребность работодателей в технических служащих возросла с 1,3 тыс. человек в 2012 г. до 2,4 тыс. человек в 2019 году (рис. 1) [4].

Согласно современной структуры занятости населения региона, наибольший спрос на рабочую силу присущ промышленности, который, в частности, в течение почти всего указанного периода демонстрировал тенденцию к росту (с 49,6 тыс. человек в 2012 г. до 57,4

тыс. человек в 2020 г.) и только по причине экономического кризиса в 2016 г. общая потребность предприятий в работниках снизилась до 65,8 тыс. человек.

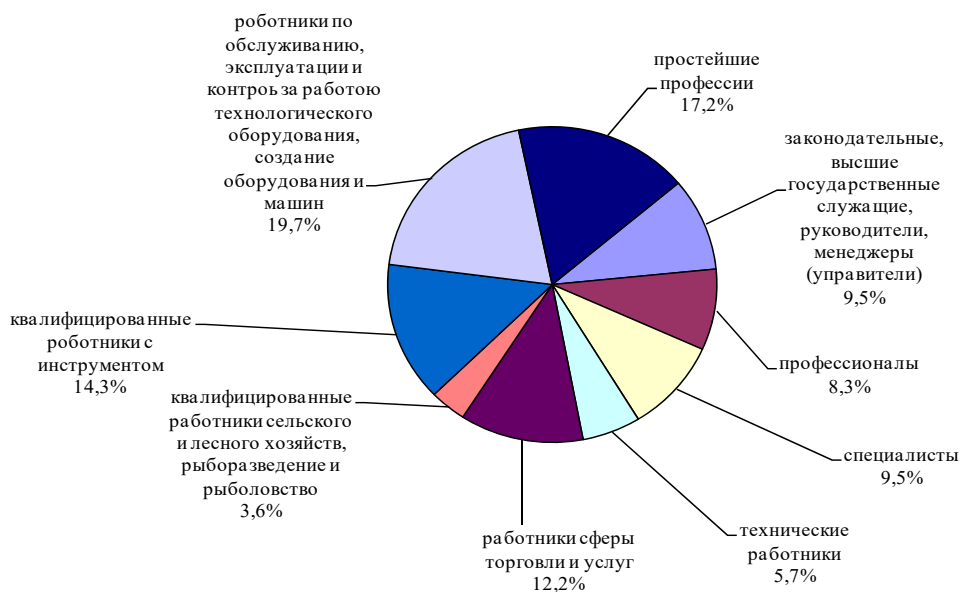


Рис. 1 – Структура численности незанятого населения ЛНР в 2020 г.

Несмотря на кризисные явления, на промышленность приходится наибольший удельный вес в структуре спроса на рынке труда (табл. 3).

Таблица 3 – Потребность предприятий в работниках по видам экономической деятельности в 2012-2020 годах (на конец отчетного периода; тыс. чел.)

Годы	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Всего	123,9	130,7	138,8	166,5	186,6	170,5	169,7	91,1	65,8
в том числе									
Сельское хозяйство и лесное хозяйство	7,1	7,3	7,6	9,4	10,4	8,1	7,3	4	2,2
Промышленность	49,6	51,4	53,9	63,1	65,8	55,8	57,4	23,5	14,7
Строительство	11,6	12,5	13,6	15,1	17,4	17	16,7	6	3,2
Торговля; ремонт автомобилей, бытовых приборов и предметов личного потребления	9,7	10,7	11,8	16,3	19,8	24,1	21,6	8,9	7,7
Деятельность отелей и ресторанов	1,2	1,1	0,9	1,2	1,9	2,4	2,6	1,2	0,6
Деятельность транспорта и связи	8,2	8,4	8,6	11,7	12,3	11,4	13,1	7,9	4,9
Финансовая деятельность	2,2	2,3	2,4	3,6	4,7	3,7	3,6	3,4	3,6
Операции недвижимостью, аренда, инжиниринг и оказание услуг предпринимателям	8,5	9,1	9,4	12,6	15,5	15,5	13,1	8,5	7,6
Региональное управление	8,7	9,7	11,9	14,2	19,2	14,2	16,8	13,3	11,2
Образование	4,5	4,9	5	4,6	3,9	4,1	4,1	3,2	1,5
Охрана здоровья и социальная помощь	7,5	7,7	8	9,5	9,8	8,5	9	8,4	6,2
Другие виды экономической деятельности	5,1	5,3	5,7	5,2	5,9	5,7	4,4	2,8	2,4

Сравнение объемов предложения рабочей силы и спроса на нее по профессиональным группам позволило выявить структурные диспропорции между спросом на рабочую силу и ее предложением по профессиям.

Нагрузка на одно свободное рабочее место в регионе, начиная с 2012 г., постепенно снижалась, достигнув среднего показателя – 4 человека на место в 2018 г. по сравнению с 11

лицами в 2019 г. В 2019 г. состоялся стремительный рост нагрузки не занятых трудовой деятельностью граждан на свободные рабочие места, увеличив данный показатель в 2,5 раза до 11 человек на место [3], что обусловлено, в первую очередь, кризисными явлениями в экономике региона. В 2020 г. в целом по республике нагрузка незанятого населения составила 82 человека на 10 свободных рабочих мест (вакантных должностей) против 96 человек в 2018 г.

В результате анализа соотношения спроса и предложения рабочей силы по региону в 2012-2020 гг. было установлено, что в 2020 г. высочайший уровень нагрузки незанятого населения на 10 свободных рабочих мест (вакантных должностей) был характерен для работников самых простых профессий в сельском хозяйстве и подобных отраслях (1022 человек); квалифицированных работников сельского и лесного хозяйств, рыбозахвата и рыболовства (284 человек); служащих, связанных с информацией (244 человек) (табл. 4).

Таблица 4 – Спрос и предложение рабочей силы по профессиональным группам в 2020 г.

	Потребность предприятий в рабочих местах, тыс. чел.	Нагрузка на 10 свободных рабочих мест (вакансий), чел.
Всего	65,8	82
в т.ч. по профессиональным группам:		
<i>Законодательные, высшие государственные служащие, руководители, менеджеры</i>	6,5	80
<i>Профессионалы, из них:</i>	10	45
Профессионалы в области физических, математических и технических наук	1,9	72
Профессионалы в области биологических, агрохимических и медицинских наук	3,7	8
<i>Специалисты, из них:</i>	9,1	56
Технические специалисты в области прикладных наук и техники	1,4	89
Младшие специалисты в области биологии, агрономии и медицины	2,6	15
<i>Технические служащие, из них:</i>	2,4	129
Служащие, связанные с информацией	0,6	244
Служащие, обслуживающие клиентов	1,8	89
<i>Работники сферы торговли и услуг, из них:</i>	8	83
Работники, предоставляющие персональные услуги	5,3	74
Продавцы и консультанты	2,6	100
<i>Квалифицированные работники сельского и лесного хозяйств, рыбозахват и рыболовство</i>	0,7	284
<i>Квалификационные работники, из них:</i>	11,4	68
Работники по добыче полезных ископаемых на строительстве	3,6	54
Работники металлургических и машиностроительных профессий	5,7	71
Работники в области точной механики, ручных ремесел и печатания	0,2	130
Другие квалифицированные работники	2	81
<i>Работники по обслуживанию, эксплуатации и контролю за работой технологического оборудования, из них:</i>	7,7	139
Работники, обслуживающие промышленное оборудование	1,9	119
Работники, обслуживающие машины	2,4	94
Водители и работники по обслуживанию передвижной техники и оборудования	3,4	184
<i>Простейшие профессии (включая лиц без профессии), из них:</i>	10	93
Простейшие профессии торговли сферы услуг	5,9	48
Простейшие профессии в сельском хозяйстве и подобных областях	0,2	1022
Простейшие профессии в добывающих отраслях, строительстве, промышленности и транспорта	3,9	98

Наиболее весомая нагрузка в 2020 году была по техническим служащим (125 человек на одно свободное место), работников сферы торговли и услуг (70 человек на место) и простейших профессий (55 человек на место). В период с 2014 г. акценты несколько сместились:

превышение среднего показателя нагрузки характерно в сфере приложения труда квалифицированными рабочими сельского и лесного хозяйств, рыбозаводства и рыболовства (в 5,3 раза), работниками простейших профессий (в 1,4 раза), работниками сферы торговли и услуг (в 1,3 раза), а также техническими служащими и рабочими по обслуживанию, эксплуатации и контролю за работой технологического оборудования, сборки оборудования и машин (в 1,2 раза) [4].

На рынке труда региона в 2012–2020 гг. растет уровень трудоустройства безработных, состоящих на учете в государственной службе занятости в течение исследуемого периода.

Среди незанятых граждан, трудоустроенных в 2020 году через государственную службу занятости, каждый четвертый получил работу в воинской службе, пятый – в оптовой и розничной торговле, шестой – в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве. Наибольший рост объемов трудоустройства незанятого населения с 2014 г. наблюдался в воинской службе.

Следует отметить, что количество незанятых граждан, которые были сняты с учета при самостоятельном трудоустройстве в 2020 году по сравнению с 2019 годом выросло на 7,8 тыс. человек или на 0,9% (рис. 2).

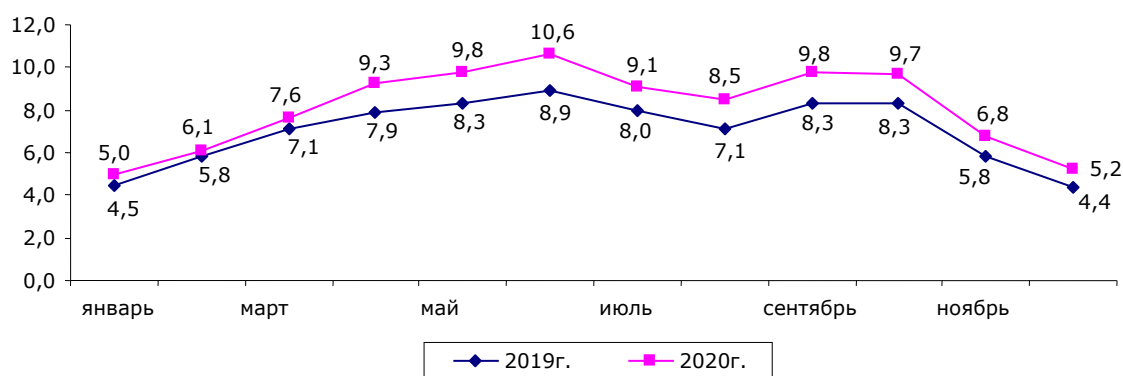


Рис. 2 – Уровень трудоустройства незанятых граждан в 2019-2020 гг. в %

Анализ отраслевой структуры занятости населения свидетельствует о том, что в 2020 г. каждый четвертый занятый гражданин работал в сельском, лесном хозяйстве, почти каждый пятый в промышленности, каждый седьмой – в оптовой и розничной торговле и услугах по ремонту.

Исследование состояния и тенденций изменения рынка труда позволило выявить сокращение безработицы, рост спроса на рабочую силу, уменьшилась нагрузка на 1 рабочее место. Данные о спросе и предложении рабочей силы в ЛНР за 2019-2020 гг. приведены в таблице 5. Данные таблицы позволяют сделать вывод о том, что ситуация, сложившаяся на рынке труда, существенно влияет на возможности предприятий в удовлетворении их потребности в персонале. Так в 2020 г. предложение рабочей силы превышало потребность предприятий в работниках на замещение свободных рабочих мест и вакантных должностей и средний избыток рабочей силы составил 109,2% от общего предложения рабочей силы [4].

Однако в 2018 году ситуация изменилась: на рынке оказался дефицит рабочей силы согласно предложениям работодателей. Так, потребность предприятий в работниках в 2017 г. в среднем довольствовалась на 86,6%. Однако в этой связи следует отметить, что такая ситуация существенно не влияет на показатели безработицы, поскольку связана со структурными изменениями на рынке труда и структурой требований работодателей к уровню образования, специальности, стажа, возраста, общего уровня навыков и знаний работников. Это означает, что спрос предприятий на рабочую силу касается не всего количества незанятых. Этим, по нашему мнению, объясняется также и общий «голод профессионалов», который присущ рынку труда на современном этапе его развития (табл. 5).

Таблица 5 – Спрос и предложение рабочей силы в ЛНР за 2019-2020 гг.

Период	2019 г.			2020 г.		
	Количество незанятых граждан, которые стояли на учете, тыс. чел.	Потребность предприятий в работниках на замещение рабочих мест и вакантных должностей, тыс. чел.	Излишек (недостача) рабочей силы, %	Количество незанятых граждан, которые были на учете, тыс. чел.	Потребность предприятий в работниках на замещение свободных рабочих мест и вакантных должностей, тыс. чел.	Излишек (недостача) рабочей силы, %
Январь	104,8	102,5	101,6	142,1	170,2	83,5
Февраль	108,3	105,7	103,1	141,2	167,1	84,5
Март	109,8	109,9	104,2	163,4	188,9	86,5
Апрель	107,4	101,4	106,2	170,0	197,5	86,0
Май	103,9	94,7	109,5	171,8	207,2	82,9
Июнь	98,4	87,6	100,0	177,5	205,7	86,2
Июль	97,6	85,4	114,3	182,7	210,4	86,8
Август	95,6	82,4	115,5	187,0	210,6	88,8
Сентябрь	94,7	80,4	116,8	195,1	218,1	89,4
Октябрь	92,1	79,0	116,4	190,4	214,6	88,7
Ноябрь	95,1	85,5	112,5	175,7	200,9	87,4
Декабрь	99,9	90,5	110,6	166,5	186,6	89,2

По Луганской Народной республике наибольший рост потребности в работниках произошел в г. Луганске – в 1,5 раза, г. Краснодоне – в 1,4 раза. Однако снижение этого показателя наблюдалось в Антраците (на 25,5%), г. Первомайске (на 16,8%), г. Алчевске (на 11,1%), (на 7,2%) и г. Лутугино (на 0,7%), а также в г. Славяносербске (на 3,4%) общего количества свободных рабочих мест (вакантных должностей) каждое четвертое приходилось на обрабатывающую промышленность, девятое – на оптовую и розничную торговлю, торговлю транспортными средствами и услуги по ремонту, одиннадцатый – на строительство.

Следует отметить, что по районам республики нагрузка незанятого населения на одно свободное рабочее место (вакантную должность) в 1 января 2020 г., по сравнению с соответствующей датой 2019 г., всего снизилась в Свердловском (с 27 до 17 человек), Антрацитовском (с 31 до 24), Краснодонском (с 17 до 12) и Алчевском (с 14 до 10 человек) районах (рис. 3). В то же время, вариация между предложением рабочей силы и спросом на нее наблюдается в г. Луганске, Попаснянском и Перевальском районах, где показатель нагрузки колебался от 27 до 20 человек на одно свободное рабочее место [5].

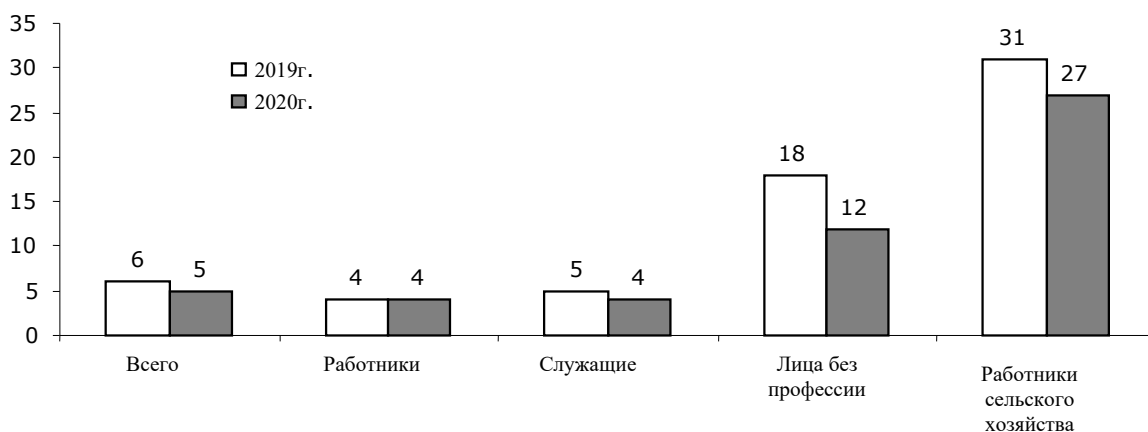


Рис. 3 – Нагрузка незанятого населения по категориям рабочих мест в 2019-2020 г.

Вследствие распространения занятости в личных крестьянских хозяйствах, сельскохозяйственное производство остается преобладающим видом деятельности неформального сектора экономики (82,0% занятых в этом секторе). Сейчас число лиц в возрасте 15-70 лет, работающих в личных крестьянских хозяйствах, в 2019 году по сравнению с 2020 г. увеличилось на 14,3% и достигла 30 тыс. человек. Наряду с сельским хозяйством, распространенными видами экономической деятельности неформального сектора выступают розничная торговля, строительство, транспорт и другие услуги.

Выводы. Таким образом, результаты анализа состояния рынка труда региона в 2012-2020 годах свидетельствуют о следующих тенденциях развития сферы занятости:

- постепенный рост с 2015 г. численности экономически активного населения на фоне уменьшения общей численности населения за счет увеличения именно экономической активности населения;
- рост более интенсивными темпами экономической активности сельского населения по сравнению с городским населением, начиная с 2016 г.;
- постепенный рост уровня занятости населения и уменьшения численности безработных;
- постепенное уменьшение численности наемных работников на фоне увеличения общей численности занятого населения.

В связи с этим нами предлагается система регулирования республиканского рынка труда, которую необходимо создавать в условиях региональной дифференциации экономики, что существенно повлияет на соотношение спроса и предложения рабочей силы в регионе. Для решения проблем занятости и безработицы необходимо учитывать специфику рынка труда Луганской Народной Республики. Это необходимо не только для регулирования занятости населения региона, но и для выбора конкретных мероприятий, которые будут направлены на повышение экономической активности населения, снижение уровня безработицы, решение проблем размещения и рационального использования трудовых ресурсов.

В целом исследования рынка труда Луганской Народной Республики позволили оценить возможности формирования и развития кадрового потенциала региона и определить результаты качества системы кадрового обеспечения в республике.

Библиография

1. Александрова Ю.Н. Модифицированный метод решения задач распределения трудовых ресурсов на предприятиях, в компаниях, фирмах / Интернет-журнал «Науковедение», Вып. 1, 2014.
2. Chugay D.Y., Lebed A.V. Personnel management: textbook. Belgorod : Publishing house of BelGAU. – 2021. – 163 p.
3. Красноженова Г.Ф., Управление трудовыми ресурсами: Учеб. пособие / Симонин П.В. – М. : ИНФРА-М, 2011. – 159 с.
4. Официальный сайт Министерства труда и социальной политики ЛНР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mintrudlnr.su>.
5. Официальный сайт Государственного комитета статистики Луганской Народной Республики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gkslnr.su>.

References

1. Aleksandrova Yu.N. A modified method for solving problems of the distribution of labor resources at enterprises, in companies, firms / Internet journal «Science Studies», Vol. 1, 2014.
2. Chugay D.Y., Lebed A.V. Personnel management: textbook. Belgorod : Publishing house of BelGAU. – 2021. – 163 p.
3. Krasnozhenova G.F. Human resource management: Proc. allowance / Simonin P.V. – M. : INFRA-M, 2011. – 159 p.
4. Official website of the Ministry of Labor and Social Policy of the LPR [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.mintrudlnr.su>.
5. Official website of the State Statistics Committee of the Luhansk People's Republic [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.gkslnr.su>.

Сведения об авторах

Гончаров Валентин Николаевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики предприятия и управления трудовыми ресурсами в АПК, «Луганский государственный аграрный университет», г. Луганск, ЛНР, 91008, моб. +380502231194, vgonch@lnau.su

Дорофеев Андрей Федорович, доктор экономических наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, д. 1, улица Вавилова, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, раб. +74722392294, dorofeev@bsaa.edu

Толок Иван Владимирович, аспирант кафедры экономики предприятия и управления трудовыми ресурсами в АПК, «Луганский государственный аграрный университет», г. Луганск, ЛНР, 91008, +380501869318, vgonch@lnau.su

Чугай Дмитрий Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, экономический факультет, улица Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, моб. +79103606855, dimox@mail.ru

Information about authors

Goncharov Valentin Nikolaevich, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Enterprise Economics and Human Resources Management at the AIC «Lugansk State Agrarian University», Lugansk, LPR, 91008, mob. +380502231194, vgonch@lnau.su

Dorofeev Andrey F., Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Vice-rector for research and innovation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University V.Y. Gorin», Vavilova St, 1, 308503, Mayskiy, Belgorod region, Russia, tel.+74722392294, dorofeev@bsaa.edu.ru

Tolok Ivan Vladimirovich, Post-graduate student of the Department of Enterprise Economics and Human Resources Management at the Lugansk State Agrarian University, Lugansk, LPR, 91008, +380501869318, vgonch@lnau.su

Chugay Dmitriy Y., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Economics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», Vavilova St, 1, 308503, Mayskiy, Belgorod region, Russia, tel. +79103606855, dimox@mail.ru

УДК 631.153

А.Ф. Дорофеев, А.М. Восковых, И.А. Стафеева, Е.Н. Девальд, О.М. Мармурова, Е.Е. Зуева

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Эффективное использование земельных, материальных, трудовых и финансовых ресурсов в сельском хозяйстве невозможно без анализа сложившегося экономического положения в целом и отдельно отрасли растениеводства и животноводства. Проведенный анализ сельскохозяйственного производства в обществе с ограниченной ответственностью сельскохозяйственное предприятие «Хвощеватовское» Нижнедевицкого района Воронежской области (ООО Сп «Хвощеватовское») показал, что реализованная продукция всех видов отрасли растениеводства является рентабельной, а животноводства – убыточной, в связи с чем возникает необходимость в определении оптимального соотношения производства отдельных видов продукции и отраслей, обеспечивающее наибольшую прибыль. В современных условиях для оптимизации сельскохозяйственного производства целесообразно использование системного подхода на основе экономико-математического моделирования, при котором формируются бизнес-процессы сельскохозяйственных предприятий с учетом имеющихся ресурсов и возможных вариантов их использования с наивысшим уровнем экономической эффективности. В результате решения разработанной экономико-математической модели на компьютере определены оптимальные параметры развития сельскохозяйственного производства в ООО Сп «Хвощеватовское».

Ключевые слова: анализ, сельскохозяйственное производство, оптимизация, параметры, развитие, экономическая эффективность.

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Abstract. Efficient use of land, material, labor and financial resources in agriculture is impossible without an analysis of the current economic situation in general and separately in the crop and livestock sector. The analysis of agricultural production in the limited liability company agricultural enterprise «Khvoshchevatovskoye» of the Nizhnedevitsky district of the Voronezh region (LLC Sp «Khvoshchevatovskoye») showed that the sold products of all types of crop production are profitable, and livestock – unprofitable, in connection with which there is a need for determining the optimal ratio of production of certain types of products and industries, providing the greatest profit. In modern conditions, to optimize agricultural production, it is advisable to use a systematic approach based on economic and mathematical modeling, in which business processes of agricultural enterprises are formed taking into account the available resources and possible options for their use with the highest level of economic efficiency. As a result of solving the developed economic-mathematical model on a computer, the optimal parameters for the development of agricultural production in LLC Sp «Khvoshchevatovskoye» were determined.

Keywords: analysis, agricultural production, optimization, parameters, development, economic efficiency.

Введение. Обеспечение страны продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем неразрывно связано с подъемом сельского хозяйства, которое является основной составной частью агропромышленного комплекса. Немаловажное значение при этом имеет анализ сложившегося положения в целом и отдельно отрасли растениеводства и животноводства, так как они обеспечивают население основными продуктами питания и являются источниками сырья для пищевой и легкой промышленности [5].

Эффективное использование земельных, материальных, трудовых и финансовых ресурсов невозможно без оптимального соотношения производства отдельных видов продукции и отраслей сельского хозяйства, поэтому в современных условиях целесообразно использование системного подхода на основе экономико-математического моделирования, при котором формируются бизнес-процессы сельскохозяйственных предприятий с учетом имеющихся ресурсов и возможных вариантов их использования [2].

Объект и методы исследований. Общество с ограниченной ответственностью сельскохозяйственное предприятие «Хвощеватовское» (ООО Сп «Хвощеватовское») Нижнедевицкого района Воронежской области расположено в восточной окраине среднерусской возвышенности в 85 км от областного центра – города Воронежа и в 19 км от районного центра – села Нижнедевицк, является малым по размеру хозяйством (таблица 1). В 2020 году площадь сельскохозяйственных угодий общества составляла 1 001 га, стоимость валовой

продукции в сопоставимых ценах – 589 тыс. руб. и размер выручки от продаж был равен 43 513 тыс. руб.

Изложение основного материала исследований и их обсуждение. Проведенными исследованиями установлено, что уровень всех основных показателей, за исключением величины среднегодовой стоимости основных производственных средств, в 2020 году по сравнению с 2018 годом уменьшился. Основной причиной сложившейся ситуации является сокращение площади земельных угодий на 359 га, что привело к снижению стоимости валовой продукции и выручки от продаж на 82 тыс. руб. и 7 590 тыс. руб. соответственно; среднегодовая численность работников сократилась на 6 чел.; численность поголовья крупного рогатого скота уменьшилась на 190 гол., в том числе коров – на 43 гол. При этом, количество тракторов не изменилось, а среднегодовая стоимость основных производственных средств возросла на 4 522 тыс. руб. Основные показатели общества за 2018-2020 года представлены в таблице ниже.

Таблица 1 – Показатели размера ООО Сп «Хвощеватовское» Нижнедевицкого района Воронежской области

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Отклонение 2020 г. от 2018 г. (+,-)
Стоимость валовой продукции в сопоставимых ценах, тыс. руб.	671	428	589	-82
Выручка от реализации продукции, тыс. руб.	51103	31614	43513	-7590
Среднегодовая стоимость основных производственных средств, тыс. руб.	24822	27208	29344	4522
Среднегодовая численность работников, чел.	28	25	22	-6
Количество тракторов, шт.	13	13	13	
Поголовья крупного рогатого скота, гол.	365	296	175	-190
В т. ч. коров	157	157	114	-43
Площадь сельскохозяйственных угодий, га	1360	1001	1001	-359
В т. ч. пашни	1360	1001	1001	-359

В ООО Сп «Хвощеватовское» в 2020 году по сравнению с 2019 годом произошло увеличение стоимости валовой и товарной продукции на 100 га сельскохозяйственных угодий на 16,07 тыс. руб. и 1188,71 тыс. руб., а прибыли на 366,23 тыс. руб. (таблица 2).

Данное увеличение обусловлено ростом объема производства и реализации продукции отрасли растениеводства, а также подъемом цен на реализованную продукцию. Количество произведенного молока и мяса крупного рогатого скота в живом весе за указанный период сократилось в расчете на 100 га земельных угодий на 124,8ц и 1,8ц, соответственно.

В то же время необходимо отметить о повышении производительности труда, при этом размер заработной платы одного среднегодового работника в 2020 году по сравнению с 2019 годом уменьшился на 8108 руб. Показатели использования основных средств изменялись по-разному. Так, показатель фондоотдачи увеличился, а фондоёмкости уменьшился на 13,74 руб., что свидетельствует о том, что эффективность использования основных производственных фондов в хозяйстве улучшилась [3]. Уровень рентабельности общества, несмотря на убыточность отрасли животноводства, в целом возрос на 9,0%.

Анализ структуры выручки за реализованную продукцию позволяет сделать вывод о том, что в ООО Сп «Хвощеватовское» преобладает растениеводческое направление с разви-

тым производством зерна и подсолнечника. За 2018-2020 годы сумма выручки от продажи продукции растениеводства составляла от 67,30% до 78,26%, в том числе от реализованного зерна от 37,37% до 44,82% и подсолнечника от 29,93% до 35,94%. Выручка от реализации продукции животноводства за рассматриваемые годы неуклонно снижалась с 11 110 тыс. руб. в 2018 году до 9 883 тыс. руб. в 2020 году, занимая 22,74-32,70% от общей суммы, из которой 16,52-21,33% приходилось на молоко.

В 2019-2020 годах реализованная продукция отрасли растениеводства была рентабельной и в результате в целом уровень рентабельности данной отрасли в ООО Сп «Хвощеватовское» составил 30,7% и 36,8% соответственно, наивысший уровень рентабельности имел место от реализации ячменя в 2019 году, который достиг 49,9% и подсолнечника в 2020 году, составивший 49,3%.

Таблица 2 – Показатели использования составляющих производственного потенциала в ООО Сп «Хвощеватовское»

Показатели	2019 год	2020 год	Отклонение 2020 года от 2019 года (+,-)
А. Показатели использования земли			
На 100 га сельскохозяйственных угодий: произведено валовой продукции (в сопоставимых ценах) , тыс. руб.	42,76	58,83	16,07
реализовано продукции, тыс. руб.	3158,24	4346,95	1188,71
получено прибыли, тыс. руб.	30,07	396,30	366,23
произведено молока, ц	487,51	363,24	-124,28
произведено мяса крупного рогатого скота, ц	23,48	21,68	-1,80
На 100 га пашни произведено, ц: зерна	2317	2449	132
Подсолнечника	528	360	-168
Б. Показатели использования рабочей силы			
Выход валовой продукции, руб.: на одного среднегодового работника	17120	26770	9650
на один отработанный чел.-день	7,02	12,53	5,51
Заработная плата одного среднегодового работника, руб.	226880	218772	-8108
В. Показатели использования основных средств			
Фондоотдача, руб.	0,0157	0,0201	0,0043
Фондоемкость, руб.	63,57	49,83	-13,74
Г. Рентабельность (окупаемость) производства			
По хозяйству в целом, %	1,0	10,0	9,0
В растениеводстве,%	30,7	36,8	6,1
В животноводстве (окупаемость),%	(68,7)	(66,1)	-2,6

Реализация продукции отрасли животноводства в ООО Сп «Хвощеватовское» в рассматриваемый период является нерентабельным. Так, уровень убыточности отрасли животноводства в целом составил 31,3% в 2019 году и 33,9% в 2020 году (таблица 3). Данное положение было вызвано превышением себестоимости реализованной продукции животновод-

ства над выручкой в указанные годы на 4 млн. 702 тыс. руб. и на 5 млн. 72 тыс. руб. Рост уровня убыточности реализованной продукции животноводства обусловлен также снижением выручки от реализации в 2020 году по сравнению с 2019 годом на 4,4%. При этом следует отметить, что уровень убыточности в 2020 году по сравнению с 2019 годом по реализованному молоку снизился на 11,7%, а мясу крупного рогатого скота, наоборот, возрос на 18,0%. Таким образом, для повышения уровня экономической эффективности сельскохозяйственного производства в ООО Сп «Хвощеватовское» необходимо обоснование оптимального соотношения производства различных видов сельскохозяйственной продукции с учетом их себестоимости, цены реализации и имеющихся земельных, трудовых и материальных ресурсов [1].

Таблица 3 – Уровень рентабельности (убыточности) реализованной сельскохозяйственной продукции в ООО Сп «Хвощеватовское»

Продукция, отрасли	Полная себестоимость, тыс. руб.		Выручка, тыс. руб.		Уровень рентабельности (убыточности), %	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Пшеница	7572	10136	10812	13376	42,8	32,0
Ячмень	668	3980	1001	4616	49,9	16,0
Подсолнечник	8032	10475	9462	15638	17,8	49,3
Итого по растениеводству	16272	24591	21275	33630	30,7	36,8
Молоко	8762	8102	6744	7190	-23,0	-11,3
Мясо крупного рогатого скота	6279	6853	3595	2693	-42,7	-60,7
Итого по животноводству	15041	14955	10339	9883	-31,3	-33,9
Всего	31313	39546	31614	43513	1,0	10,0

В результате решения разработанной экономико-математической модели на компьютере были определены параметры развития сельскохозяйственного производства в ООО Сп «Хвощеватовское». Согласно оптимальному решению в ООО Сп «Хвощеватовское» поголовье коров целесообразно довести до 100 гол., то есть сократить на 14 гол. в связи с низкой эффективностью производства животноводческой продукции. Благодаря росту молочной продуктивности коров производство молока при этом возрастет на 263 ц. Выход мяса крупного рогатого скота по оптимальному решению составит 190 ц, что ниже фактического уровня 2020 года на 27 ц в связи с сокращением поголовья молодняка животных и прекращения забоя коров дойного стада. Поголовье сельскохозяйственных животных полностью обеспечивается кормами собственного производства.

Производство зерна и подсолнечника по результатам оптимального решения значительно превышает фактический уровень 2020 года. В связи с дальнейшим развитием производства зерновых культур общий объем производства зерна увеличится на 3161 ц. Производство подсолнечника составит 5093 ц, что превышает фактические данные на 1493 ц. Для достижения вышеуказанных показателей в ООО Сп «Хвощеватовское» необходимо иметь 18 работников, что меньше, чем фактическое количество, на 4 человека. Сокращение потребности в рабочей силе обуславливается дальнейшей механизацией рабочих процессов и выращиванием сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям без затрат ручного труда, а также уменьшением поголовья крупного рогатого скота [4]. В результате значительного роста объемов производства и реализации сельскохозяйственной продукции стоимость товарной продукции по оптимальному решению превысит уровень 2020 года на 14676 тыс. руб.

Для производства указанных объемов продукции растениеводства и животноводства в ООО Сп «Хвощеватовское» целесообразно удельный вес зерновых культур в структуре посевных площадей довести до 54,1%, масличных и кормовых культур до 15,0% и 28,8%, соответственно. В зерновой группе площадь ячменя составит по оптимальному решению 242 га,

что на 41,5 га или 4,2% больше, чем фактическое значение 2020 года. Такой рост обусловлен дальнейшим развитием производства пивоваренного ячменя. Площадь озимой пшеницы по оптимальному решению увеличится на 20 га в сравнении с данными показателя 2020 года. Посевная площадь подсолнечника в структуре увеличится на 30 га или 3% по сравнению с фактическим уровнем в связи с высоким уровнем эффективности его производства (Таблица 4).

Таблица 4 – Параметры сельскохозяйственного производства в ООО Сп «Хвощеватовское»

Показатели	По оптимальному решению	2020 г.	Отклонение оптимальных параметров от 2020 г.
Посевные площади, га:			
озимые зерновые	300	280	20
яровые зерновые	242	200	42
итого зерновых	542	480	62
Подсолнечник	150	120	30
кукуруза на силос и зеленый корм	139	200	-61
многолетние травы	63	41	22
однолетние травы	56	60	-4
итого кормовых	258	301	-43
Удельный вес стоимости товарной продукции, %:			
всего по растениеводству	79,5	77,3	2,2
в том числе: зерно	48,9	41,4	7,5
Подсолнечник	30,6	35,9	-5,3
всего по животноводству	20,5	22,7	-2,2
в том числе: молоко	17,4	16,5	0,9
прирост крупного рогатого скота	3,1	6,2	-3,1
Произведено на 100 га пашни, ц:			
Зерна	2765,2	2449,0	316,2
Подсолнечника	508,7	360,0	148,7
Произведено на 100 га сельскохозяйственных угодий: молока, ц	389,5	363,2	26,3
прироста живой массы крупного рогатого скота, ц	19,0	21,7	-2,7
товарной продукции, тыс. руб.	5813,1	4347,0	1466,1
Произведено на 1 работника товарной продукции, тыс. руб.	3232,7	1977,9	1254,8
Уровень рентабельности, %	17,9	10,0	7,9

Уменьшение и изменение площади отдельных видов кормовых культур в структуре посевов от фактических связано с сокращением поголовья крупного рогатого скота. Кроме того, при подготовке входной информации по животноводству нами были использованы научно рекомендуемые структуры рационов кормления, что и привело к некоторым изменениям в потребностях по видам кормов и, соответственно, посевных площадей. Среди кормовых культур площадь однолетних и многолетних трав следует довести до 56 га и 93 га, куку-

рузы на силос и зеленый корм до 139 га. Сокращение площади кукурузы на силос и зеленый корм по сравнению с 2020 годом на 6,1% связано с ростом ее урожайности и доведением рационов кормления до научно-обоснованного уровня.

В соответствии со сложившейся оптимальной структурой посевных площадей и поголовьем сельскохозяйственных животных были определены объемы производства и реализации продукции, а также оптимальная отраслевая структура производства. Проведенные исследования оптимальной отраслевой структуры производства свидетельствуют о целесообразности сохранения прежней специализации в исследуемом предприятии, но с изменениями пропорций между отдельными видами продукции и отраслями. Согласно оптимальному решению экономико-математической модели в структуре товарной продукции удельный вес зерна целесообразно довести до 48,9%, что выше уровня 2020 года на 7,5%. В общем объеме товарной продукции подсолнечник занимает 15278 тыс. руб. или 30,6%, при этом удельный вес стоимости товарной продукции от подсолнечника в 2020 году был больше, чем по оптимальному решению на 7,5%, что напрямую связано со сложившимися высокими закупочными ценами за 2018-2020 годы. Удельный вес отрасли животноводства в структуре товарной продукции по оптимальному решению составляет 20,5%. Основной товарной продукцией в животноводстве является молоко, стоимость которого достигает по результатам решения 10136 тыс. руб. или 17,4%. Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о том, что в ООО Сп «Хвощеватовское» целесообразно дальнейшее развитие производства зерновых культур и подсолнечника как наиболее экономически выгодных видов продукции, а предприятие имеет зерново-масличное производственное направление.

Выводы. 1. Дальнейшее углубление специализации ООО Сп «Хвощеватовское» на производстве продукции растениеводства позволит значительно повысить экономическую эффективность производства, как отдельных видов продукции, так и общества в целом. Согласно оптимальному решению, производство на 100 га пашни зерна и подсолнечника возрастает на 316,2 ц и 148,7 ц по сравнению с 2020 годом.

2. За счет роста молочной продуктивности коров произойдет повышение производства молока на 100 га сельскохозяйственных угодий на 26,3 ц.

3. В результате роста объемов производства и реализации сельскохозяйственной продукции происходит увеличение стоимости товарной продукции в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий и на одного работника по оптимальному решению соответственно на 1466,1 тыс. руб. и 1254,8 тыс. руб. при уровне рентабельности 17,9%.

Библиография

1. Восковых А.М., Кулев С.А. Анализ и оптимизация развития сельскохозяйственного производства в ООО «Нива» В сборнике: Теория и практика инновационных технологий в АПК. Материалы национальной научно-практической конференции. Воронеж, 2021. С. 33-37.
2. Смагин, Б.И. Экономико-математические методы: учебник для академического бакалавриата / Б.И. Смагин. – М. : Юрайт, 2017. – 272 с.
3. Статистика : практикум для обучающихся (уровень бакалавриата) экономического факультета по направлениям 38.03.01 «Экономика» и 38.03.02 «Менеджмент» заочной формы обучения / [Н. В. Санина и др.] ; Воронежский государственный аграрный университет .— Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2018. – 154 с.
4. Статистика с основами социально-экономической статистики: учебное пособие / Хаустова Г.И., Панина Е.Б., Степанова Т.А., и др.; под ред. В.А. Лубкова. – Воронеж, изд-во ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – 157 с.
5. Сурков И.М. Финансовый анализ в коммерческих организациях: учебное пособие / И.М. Сурков, В.А. Лубков, Д.Н. Литвинов. – Воронеж : Научная книга, 2017. – 187 с.

References

1. Voskovykh A.M., Kulev S.A. Analysis and optimization of the development of agricultural production in Niva LLC In the collection: Theory and practice of innovative technologies in the agro-industrial complex. Materials of the national scientific-practical conference. Voronezh, 2021. S. 33-37.
2. Smagin, B.I. Economic and mathematical methods: a textbook for academic undergraduate studies / B.I. Smagin. – M. : Yurayt, 2017. – 272 p.

3. Statistics: a workshop for students (undergraduate level) of the Faculty of Economics in the areas of 38.03.01 «Economics» and 38.03.02 «Management» of the correspondence form of education / [N.V. Sanina and others]; Voronezh State Agrarian University. – Voronezh : Voronezh State Agrarian University, 2018. – 154 p.

4. Statistics with the basics of socio-economic statistics: textbook / Khaustova G.I., Panina E.B., Stepanova T.A., and others; ed. V.A. Lubkova. – Voronezh, publishing house of the FGBO VO Voronezh State Agrarian University, 2020. – 157 p.

5. Surkov I.M. Financial analysis in commercial organizations: study guide / I.M. Surkov, V.A. Lubkov, D.N. Litvinov. – Voronezh : Scientific book, 2017. – 187 p.

Сведения об авторах

Дорофеев Андрей Федорович, доктор экономических наук, проректор по научной работе и инновациям ФГБОУ ВО Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1.

Восковых Александр Михайлович, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, д.1, тел. 8-920-405-79-14, e-mail: vosk1959@yandex.ru

Стафеева Ирина Александровна, аудитор ООО «ВМК Групп», тел. 8-952-543-08-44.

Девальд Екатерина Николаевна, соискатель ФГБОУ ВО Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1, тел.89914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru

Мармурова Оксана Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и паразитологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 394087, Россия, г. Воронеж, ул. Мичурина, д.1, тел. тел.89914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru

Зуева Екатерина Евгеньевна, преподаватель кафедры экономики ФГБОУ ВО Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1, тел.89914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru

Information about authors

Dorofeev Andrey Fedorovich, Doctor of Economics, Vice-Rector for Research and Innovation, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Belgorod district, Maisky settlement, st. Vavilova, 1.

Voskovykh Alexander Mikhailovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh, st. Michurina, d.1, tel. 8-920-405-79-14, e-mail: vosk1959@yandex.ru

Stafeeva Irina Aleksandrovna, Auditor of VMK Group LLC, tel. 8-952-543-08-44.

Devald Ekaterina Nikolaevna, post-graduate student, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Belgorod district, Maisky settlement, st. Vavilova, 1, phone: 89914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru

Marmurova Oksana Mikhailovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Epizootology and Parasitology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 394087, Russia, Voronezh, st. Michurina, d.1, tel. tel.89914057424 e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru

Zueva Ekaterina Evgenievna, lecturer at the Department of Economics, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Belgorod district, Maisky settlement, st. Vavilova, 1, phone: 89914057424, e-mail: zuev_1960_nikolai@mail.ru

УДК 631.152:004.413

А.Ф. Дорофеев, Ю.Ю. Голубятникова

ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПАСПОРТИЗАЦИИ

Аннотация. В статье рассмотрен алгоритм управления рисками на основе инструментария паспортизации рисков. Автором рассматриваются проблемы функционирования организационно-экономического механизма управления рисками, изучение которых позволило сформировать инструментарий управления рисками на основе применения паспорта риска. Паспорт риска – это совокупность сведений, позволяющая оперативно управлять хозяйственной деятельностью предприятия. Каждое подразделение в деятельности сельскохозяйственного предприятия подвергается специфичной, характерной только для него совокупностью рисков, а иначе в структурном понимании, совокупностью паспортов рисков, действия над которыми осуществляют риск-менеджеры предприятий аграрной сферы. Данную совокупность рисков автор называет портфелем риска подразделения. В статье подробно излагается внедрение на сельскохозяйственном предприятии программных средств по управлению рисками. Портфели рисков с применением специальных программных средств, где паспорта рисков могут выявляться автоматически, автоматизировано и на уровне интуиции. В условиях функционирования организационно-экономического механизма управления рисками применяются определенные требования к информации. Информация и особенно ее автоматизированная обработка – важные факторы повышения эффективности производства. Кроме этого, в данной статье автор уделит внимание экономическому прогнозированию в современном мире, как необходимости в предвидении вероятностного исхода рискованных событий в будущем. Алгоритм управления рисками на основе инструментария паспортизации рисков был предложен для внедрения в производственную деятельность ООО «Агротех-Гарант» Щербаковское Алексеевского района Белгородской области.

Ключевые слова: риск, факторы управления рисками, паспорт риска, информация, прогнозирование.

FORMATION OF A RISK MANAGEMENT ALGORITHM BASED ON RISK CERTIFICATION TOOLS

Abstract. The article considers the algorithm of risk management based on the tools of risk certification. The author considers the problems of functioning of the organizational and economic mechanism of risk management, the study of which allowed to form a risk management toolkit based on the use of a risk passport. A risk passport is a set of information that allows you to quickly manage the economic activities of the enterprise. Each subdivision in the activities of an agricultural enterprise is subject to a specific, characteristic only for it set of risks, and otherwise in the structural sense, a set of risk passports, the actions of which are carried out by risk-managers of agricultural enterprises. The author calls this set of risks the risk portfolio of the unit. The article describes in detail the introduction of risk management software at an agricultural enterprise. Risk portfolios with the use of special software tools, where risk passports can be detected automatically, automatically and at the level of intuition. In the context of the functioning of the organizational and economic mechanism of risk management, certain information requirements are applied. Information and especially its automated processing are important factors in improving production efficiency. In addition, in this article, the author paid attention to economic forecasting in the modern world, as a need to predict the probabilistic outcome of risky events in the future. The risk management algorithm based on the risk certification tools was proposed for implementation in the production activities of Agrotech-Garant LLC Shcherbakovskoye, Alekseevsky District, Belgorod Region.

Keywords: risk, risk management factors, risk passport, information, forecasting.

Внедрение новых инструментов в организационно-экономический механизм управления рисками является важной и самостоятельной задачей менеджмента, так как затрагивает многие его стороны.

Пока макроэкономическая ситуация стабильна, редко возникает необходимость в каких-либо преобразованиях, особенно во введении или изменении системы управления рисками. Но по мере изменения макроэкономической ситуации возникает необходимость адаптации системы организационно-экономического механизма управления рисками, к которым относят: появление новых рисков и изменение существующих рисков, концентрация рисков на различных уровнях, рост озабоченности общественности проблемой безопасности, снижение роли традиционных инструментов управления [1]. При этом глобализация экономики усиливает причинно-следственные связи возникновения различных видов рисков.

Повышению эффективности функционирования организационно-экономического механизма управления рисками на сельскохозяйственных предприятиях может способствовать практика реализации международных стандартов управления рисками, в том числе, российских. Однако следует отметить, что большинство из них разработаны на отраслевой зарубежной практике, которая не адаптирована для отечественных предприятий.

Как показывает анализ передового зарубежного и отечественного опыта, одним из эффективных инструментов в сфере управления рисками на предприятии является паспортизация рисков. Внедрение данного инструментария в организационно-экономический механизм управления рисками для сельскохозяйственных предприятий представляет собой сложный процесс, при использовании которого следует учитывать отраслевую специфику.

Паспорт риска представляет собой основную структурную составляющую в управлении рисками. Совокупность сведений, содержащихся в нем, позволяет оперативно управлять хозяйственной деятельностью предприятия [2].

Алгоритм организационно-экономического механизма управления рисками сельскохозяйственного предприятия мы представили на основе последовательности всех этапов управления рисками с использованием паспорта риска, как эффективной меры минимизации рисков.

Каждое подразделение в деятельности сельскохозяйственного предприятия подвергается специфичной, характерной только для него совокупностью рисков и обладает специфической совокупностью паспортов рисков. Данную совокупность рисков назовем портфелем риска подразделения.

Риски, содержащиеся в портфелях рисков, можно классифицировать по нескольким признакам. Во-первых, по направлению деятельности: портфель рисков основного производства (растениеводства и животноводства); портфель рисков отраслей, обслуживающих основное производство; портфель рисков функциональных служб (риски зоотехнической службы, ветеринарные риски, инженерно-технические риски, риски экономической службы, риски службы бухучета); портфель рисков подразделения, обслуживающего культурно-бытовые нужды хозяйства (например, риски возникающие на продовольственном складе) и другие портфели.

Во-вторых, по выявлению рисков на предприятии. Так, если на предприятии есть специалист – риск-менеджер, то он выявляет риски и «складывает» в портфель рисков подразделения. Из-за достаточного количества рисков в каждом портфеле подразделения, выявление их и управление ими проблематично. Поэтому, нами предлагается использовать на сельскохозяйственном предприятии выявление рисков с помощью специально разработанного нами программного средства.

Данный программный комплекс, интегрирован с системой «1С: Бухгалтерия». При этом паспорта рисков срабатывают на данные бухгалтерского баланса и отчета о производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия при расчете показателей области риска, а также на заданные в паспорте риска индикаторов (например, риска ликвидности предприятия).

Автоматизированные паспорта рисков в портфелях риска срабатывают аналогично автоматическим, но с учетом результатов самостоятельной проверки риск-менеджеров на интуитивные индикаторы риска (например, производственные риски).

Риски, которые выявляет риск-менеджеры предприятия самостоятельно, исходя из области риска и данные паспорта риска в портфелях риска называют интуитивные (например, погодный риск).

Поля Отчета заполняются как автоматически программным средством, так и риск-менеджером предприятия на основании информации, содержащейся в паспорте риска. В Отчет вносится информация обо всех мерах по минимизации рисков в соответствии с паспортами рисков, а также мерах по минимизации рисков, примененных самостоятельно без указания в паспорте риска.

При этом алгоритм действий риск-менеджеров предприятий аграрной сферы следующий:

1) провести проверку форм отчетности, учет данных которых представлен в автоматизированной программе «1С: Бухгалтерия», за определенный период на предмет выявления паспортов рисков, содержащихся в портфелях рисков. Например, формы отчетности за 2021 г.

2) принять меры по минимизации рисков в случае выявления рисков, содержащихся в паспортах рисков [3];

3) заполнить электронный отчет о результатах применения мер по минимизации рисков (далее – Отчет) в случае выявления паспортов рисков, содержащихся в портфелях рисков.

Автоматические и автоматизированные паспорта рисков применяются с момента их загрузки в автоматизированную программу «1С: Бухгалтерия» и загрузки в специальное программное средство по учету паспортов рисков. Интуитивные паспорта рисков применяются со дня, следующего за днем поступления письма, содержащего паспорт риска, на соответствующее подразделение предприятия в соответствии с установленным порядком организации делопроизводства в результате ежедневно операционного контроля.

При выявлении рисков, содержащихся в автоматизированных портфелях рисков, специальное программное средство сообщает риск-менеджеру о необходимости проведения проверки интуитивных индикаторов риска. При положительном результате указанной проверки риск-менеджер выявляет риск, содержащийся в паспорте риска, путем выбора в специальном программном средстве категории «риск применяется» – риск считается выявленным. При отрицательном результате проверки указанное лицо выбирает в программном средстве категорию «риск не применяется», указывает свою фамилию и инициалы – риск считается не выявленным.

До внедрения на сельскохозяйственном предприятии программных средств, позволяющих осуществлять выбор категории «риск не применяется» (проставление с использованием программного средства в соответствующем электронном поле отметки «риск № ___ не применяется к продукту № ___» либо «риск № ___ не применяется ко всем продуктам») в отношении продукции, представленной автоматизированной программой «1С: Бухгалтерия» в электронной форме, риск-менеджер обеспечивает распечатывание выбранной отчетности, поданной в электронной форме, на листах бумаги формата А4 и осуществляет вышеуказанные действия на бумажном экземпляре формы отчетности.

Хранение распечатанных форм отчетности, поданных в электронной форме, а также документов (информации на бумажном носителе), явившихся основанием для принятия такого решения, осуществляется в соответствии с установленным порядком комплектования документов, формирования их в дела и передачи на хранение в архив предприятия.

При выявлении рисков риск-менеджеры применяют меры по минимизации рисков.

В случае если для отдельных мер по минимизации рисков, содержащихся в автоматических и автоматизированных рисках, установлена определенная частота применения, такие меры по минимизации рисков применяются при их выявлении специальным программным средством на основе использования генератора случайных чисел.

Таким образом, весь представленный алгоритм организационно-экономического механизма управления рисками сельскохозяйственного предприятия можно представить с помощью последовательности организационных и экономических функций риск-менеджмента, выполняемых при принятии решений на всех этапах управления рисками, который построен на основе комплексной методики оценки риска с помощью паспорта риска и апробирован на примере ООО «Агротех-Гарант Щербаковское» Алексеевского района Белгородской области (рис. 1).



Рис. 1 – Алгоритм функционирования организационно-экономического механизма управления рисками на сельскохозяйственном предприятии с помощью паспорта риска

В условиях функционирования организационно-экономического механизма управления рисками применяются определенные требования к информации: ее состав и содержание должны быть согласованы с организационной структурой системы управления хозяйственными рисками; поступление информации на все уровни такой структуры должно быть оперативным; объем данных, необходимых для разработки и реализации мер по управлению хозяйственными рисками, должен соответствовать их содержанию и специфике; информация должна поступать из разных источников [4].

Из перечисленных требований следует, что информация, необходимая для управления хозяйственными рисками, разнообразна, ее состав и объем могут существенно варьировать, а доступ к ней должен быть достаточно оперативным [5]. Все эти требования могут быть выполнены только тогда, когда для получения и обработки соответствующей информации используются информационные технологии, которые включают в себя материально-техническую базу, виды информационной технологии, систему ведения записей, носителей информации, информационные базы данных, создание пакетов прикладных программ. Принципиальная схема такой системы с указанием основных информационных потоков представлена на рисунке 2.

Риск объективно существует из-за неопределенности внешней среды по отношению к коммерческой организации. Информация о внешней среде диктует предприятию экономические, социальные, правовые, институциональные, географические и технологические условия, в рамках которых ему приходится действовать и к динамике которых оно вынуждено приспосабливаться. Неопределенность ситуации формируется в условиях рыночной экономики множеством переменных, таких как: изменение конъюнктуры рынка, инвестиционный климат и многое другое.

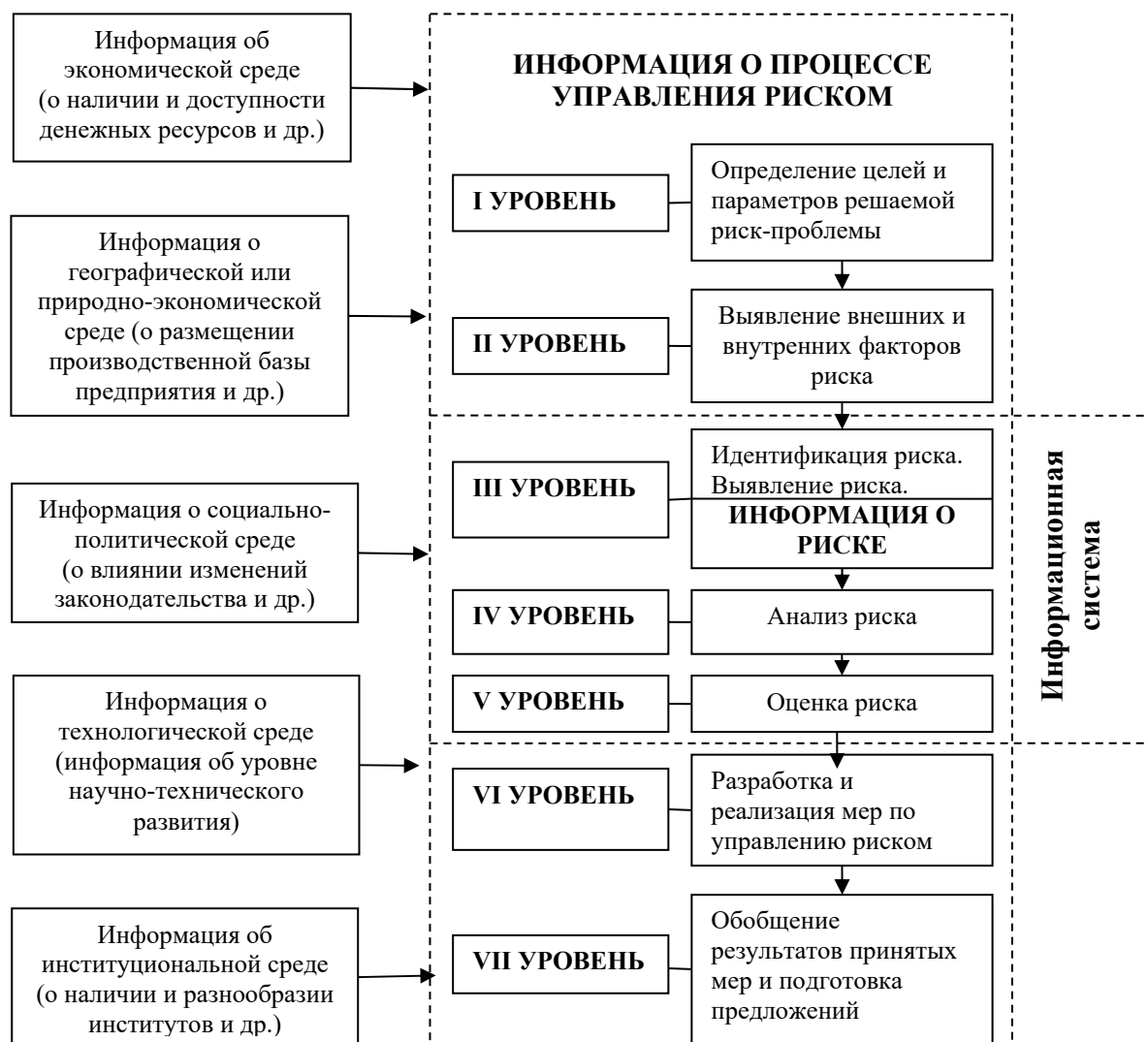


Рис. 2 – Информационная система, обслуживающая процесс управления хозяйственным риском

Подобная информационная система должна быть частью общей информационной системы сельскохозяйственного предприятия, построенной на основе локальных сетей, обмена данными с удаленными подразделениями, а также баз данных, создаваемых и используемых в процессе ведения бизнеса.

Повышение эффективности информационных систем достигается путем сквозного их построения и совместного употребления, что позволяет устранить дублирование и обеспечить многократное и полное использование информации, установить определенные интеграционные связи, ограничить число показателей, уменьшить объем информационных потоков. Информационное обеспечение предполагает предоставление пользователям сведений, необходимых для решения научно-производственных задач; создание наиболее благоприятных условий для распространения информации – проведения соответствующих административно-организационных, научно-исследовательских и производственных мероприятий [6].

Таким образом, применение информационных технологий по сравнению с традиционными методами в процессе риск-менеджмента имеет явные достоинства, потому что оно делает систему управления риском более эффективной.

Информация играет ключевую роль в процессе управления хозяйственными рисками. Она устраняет неопределенность, позволяет изучить состояние объекта, формы и методы деятельности. Без сведений о его состоянии и развитии не могут быть выработаны меры по управлению рисками, в свою очередь, сами эти меры являются определенной информацией для работников сферы производства.

Сложность производственных систем, разнообразие и во многих случаях неопределённый характер поступающей производственной информации придают задаче управления

рисками творческий характер. В данных условиях важное значение имеет экономическое прогнозирование для развития теории и практики управления хозяйственными рисками. Необходимость предвидения вероятностного исхода рисков событий в будущем никогда прежде не была столь насущной как сейчас. Это связано с высокой неопределённостью событий, обусловленной коренными социально-экономическими и политическими изменениями общества.

Прогнозирование представляет собой исследование будущего состояния и функционирования предприятия и окружающей его среды, определение главных направлений деятельности предприятия, оценка его возможностей [7].

При прогнозировании хозяйственно-финансовой деятельности решаются следующие главные задачи: установление главных ориентиров будущей деятельности, прежде всего оценка возможной будущей прибыли и ее источников; установление связи между необходимой прибылью и источниками ее получения (если необходимо расширить сбыт, то как это отразится на производстве, запасах и т.д.); установление в потребности в ресурсах, прежде всего в наличных деньгах, кредитах и т.д. [8].

Прогнозируя риски на предприятии, всегда обращаемся к двум векторам – положительному и отрицательному. При положительных результатах прогноза назначается очередной контрольный срок диагностики состояния хозяйственной деятельности и разрабатываются мероприятия по предупреждению рисков на предприятии.

Отрицательные результаты прогноза являются основой для юридического оформления процедуры банкротства. Объективным выходом из состояния банкротства является сжатие основной деятельности, а также частичное или полное репрофилирование деятельности предприятия (рис.3).

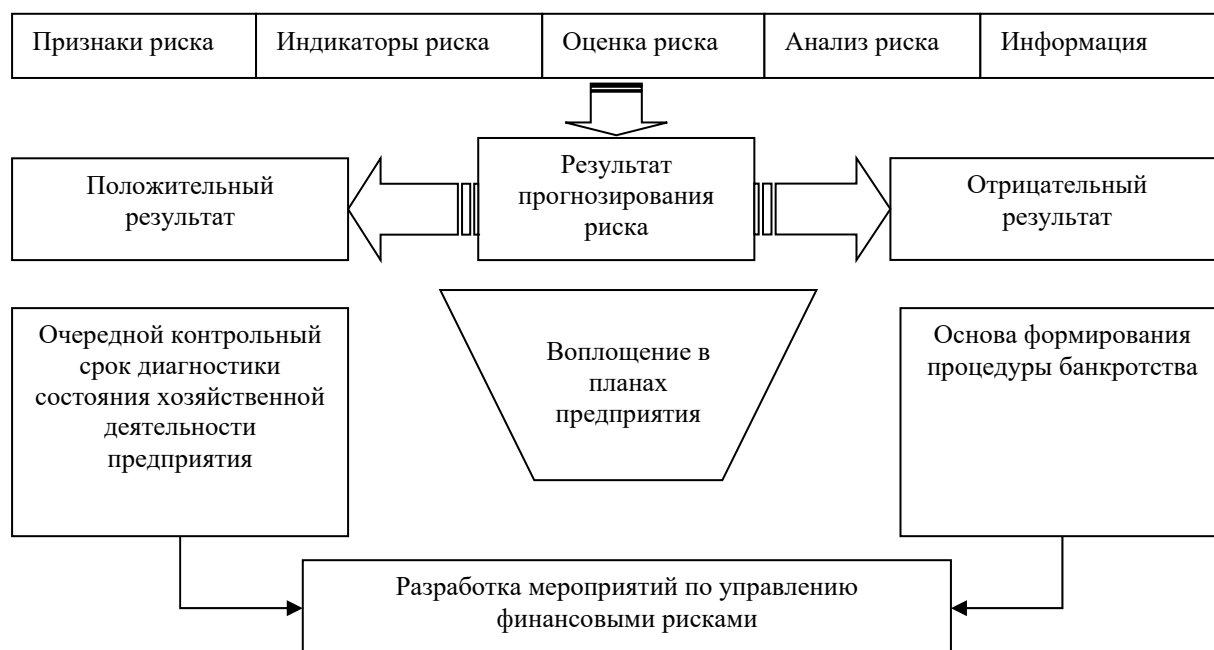


Рис. 3 – Схема прогнозирования финансовых рисков на предприятии

Необходимость разработки нового инструментария паспортизации рисков обусловлена постоянно растущей значимостью развития сельскохозяйственных предприятий, и как следствие, от качества прогнозирования финансовых показателей.

Авторами в рамках исследования подсчитано, что мероприятия по рационализации организационно-экономического механизма управления рисками на основе инструментария паспортизации рисков позволяют повысить экономическую эффективность производства в среднем на 3-6%. При этом многое зависит от самих мероприятий и положения сельскохозяйственного предприятия. Исходя из этого, оценка экономичности предлагаемой структуры на основе паспорта риска в ООО «Агротех-Гарант» Щербаковское представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для расчета экономической эффективности мероприятий по рационализации управления на ООО «Агротех-Гарант» Щербаковское

Показатели	Фактически за 2013-2020 гг. в среднем	В перспективе на 2022 г.	Отклонение +,-
Площадь с/х угодий, га	5900,8	5900,8	0
Общая численность работников,	84	89	5
Количество работников управления, чел.	20	21	1
Фонд заработной платы, всего, тыс. руб. в т ч аппарата управления	20178,5 5246,7	21084,8 5306,8	906,3 60,1
Произведено валовой продукции, тыс. руб.	134106,0	159599	25493,2
Реализация продукции, тыс. руб.	148380	150800,6	2460,4
Себестоимость реализованной продукции, тыс. руб.	95351,7	91045,8	-2305,9
Прибыль (убыток), тыс. руб.	44128,5	44282,9	154,4
Затраты на управление, тыс. руб.	4786	5164,1	378,1
Всего отработано человекоднев	24500	25364	864
в т. ч. работающими в производстве	21805	22852,3	1047,3
Работниками аппарата управления	1470	1407,3	-62,7

Воспользовавшись данными этой таблицы, проведём расчёт экономичности предлагаемой структуры управления рисками. Для этого составим таблицу, в которой отразим три группы показателей: общие результативные показатели; экономичность аппарата управления и производительность труда аппарата управления (табл. 2).

Таблица 2 – Экономическая эффективность предлагаемой инструментации в структуре управления ООО «Агротех-Гарант» Щербаковское

Показатели	До рационализации	После рационализации (2021 г.)	Отклонение, +,-
1. Общие результативные показатели			
Выход валовой продукции, тыс. руб. на 100 га с/х угодий на 1 работника управления	2272,67 6705,3	2914,07 7253,1	641,4 547,8
Прибыль (убыток), тыс. руб. на 100 га с/х угодий на 1 работника управления	747,83 2206,4	751,63 2208,5	3,8 2,1
2. Экономичность аппарата управления			
Удельный вес з/п работников управления в общем фонде з/п, %	25,9	25,0	-0,9
Удельный вес затрат труда и средств на управление в себестоимости продукции, %	5,4	7,3	1,9
3. Производительность труда аппарата управления			
Произведено валовой продукции на 1 чел/день, отработанный управленцами, руб. 1 рубль затрат в управлении, руб.	91,2 28,0	96,8 32,2	5,6 4,2
Приходится работников на 1 работника управления, чел.	4,2	4,2	0

Общие результативные показатели свидетельствуют о том, что внедрение предлагаемых мероприятий по рационализации структуры управления позволят повысить экономическую эффективность производственной деятельности ООО «Агротех-Гарант» Щербаковское и благоприятно скажутся на их экономическом положении.

Показатели экономичности аппарата управления не однозначны. Так, удельный вес заработной платы работников управления в общем фонде заработной платы сократился на исследуемом предприятии. Очевидно, что специалистам предприятия необходимо больше внимания уделять структуре себестоимости продукции и предусмотреть пути по ее рационализации. Оплату труда работников управления необходимо поставить в прямую зависимость от конечных результатов деятельности.

Показатели производительности труда аппарата управления также неоднозначны. Положительное отклонение наблюдается по выходу валовой продукции на 1 человеко-день, отработанный управленцами, а также по выходу валовой продукции на 1 рубль затрат в управлении. Количество работников, приходящихся на 1 работника аппарата управления, не изменилось.

Таким образом, исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод о том, что рационализация структуры управления с помощью паспорта рисков благоприятно скажется на экономической эффективности деятельности хозяйств. Новая структура управления позволила хозяйству более свободно ориентироваться в рыночной экономической ситуации и адекватно реагировать на риски в хозяйственной деятельности.

Внедрение системы управления риском с применением паспорта риска на основе использования генератора случайных чисел при его выявлении специальным программным средством на сельскохозяйственном предприятии (паспорта рисков, содержащихся в автоматических и автоматизированных портфелях рисков) и на основе интуиции риск – менеджера (риски, содержащиеся в интуитивных портфелях рисков) представляет собой сложный процесс.

Библиография

1. Грабовый П.Г., Петрова С.Н., Полтавцев С.И., Романова К.Г., Хрусталёв Б.Б., Яровенко С.М. Риски в современном бизнесе. – М. : Аланс, 1994. – 200 с.
2. Golubyatnikova Y.Y. Passport risk as an effective measure to overcome the negative consequences in the context of companies / O.G. Charykova, Y.Y. Golubyatnikova // Advances in Social Science, Education and Humanities Research – International Conference Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2018) – 26.02.2019. ISSN 2352-5398, ISBN 978-94-6252-676-1 <https://www.atlantis-press.com/proceedings/csis-18/55913824> – (Web of Science)
3. Севрук В.Т. Риски финансового сектора РФ. – М. : Финстатинформ, 2001.
4. Кудрявцев А.А. Интегрированный риск-менеджмент: Учебник. СПбГУ, экон. факультет. – Москва : ЗАО «Издательство «Экономика», 2010. – 655 с.
5. Star M. Integriertes Risikomanagement im landwirtschaftlichen Betrieb. – Berlin : Duncker & Humblot, 2006. – 244 p.
6. Кочура И.В. Оценка и прогнозирование влияния хозяйственных рисков на операционную деятельность угледобывающих шахт на основе нейросетевого подхода / И.В. Кочура // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: економічна. – Донецьк : ДонНТУ. – 2005. – Вип. 97 – С. 72-82.
7. Шафиева Э.Т. Организационно-экономический механизм управления региональным агропромышленным комплексом: автореф. дне. на соискан. ученой степени канд. экон. наук: 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» / Э.Т. Шафиева. – Нальчик, 2001. – 21 с.
8. Мартякова Е.В., Кольчура И.В. Хозяйственные риски: оценка и прогнозирование: Монография / Е.В. Мартякова, И.В. Кольчура – Донецк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – 220 с. – 113 с.

References

1. Grabovoyi P.G., Petrova S.N., Poltavtsev S.I., Romanovk K.G., Khrustalev B.B., Yarovenko S.M. (1994) Riska in modern business. M. : Alans, 200 p.
2. Golubyatnikova Y.Y., O G. Charykova (2018) Passport risk as an effective measure to overcome the negative consequences in the context of companies/, Y.Y. Golubyatnikova // Advances in Social Science, Education and Humanities Research – International Conference Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2018) – 26.02.2019. ISSN 2352-5398, ISBN 978-94-6252-676-1. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/csis-18/55913824> – (Web of Science)
3. Sevruk V.T. (2001) Risks of the Financial Sector of the Russian Federation. – M. : Finstatinform, 2001.

4. Kudryavtsev A.A. (2010) Integrated Risk-Management: Textbook .SPBSU, Econ. Faculty. – Moscow : Economics Publishing House, 655 p.
5. Star M. (2006) Integriertes Risikomanagement im landwirtschaftlichen Betrieb., Berlin, Duncker & Humblot. 2006, 244 p.
6. Kochura I.V. (2005) Assessment and forecasting of the impact of economic risks on the operational activities of coal mines on the basis of the neural network approach, Naukovi pratsi Donetskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: economical., Donetsk : DonNTU., Vip. 97, 72-82 p.
7. Shafieva E.T. (2001) Organizational and economic mechanism of management of the regional agro-industrial complex: autoref. Bottom. to the search. Academic degree cand. econ. Nauk: 08.00.05 «Economics and management of the national economy», Nalchik, 21 p.
8. Martyakova E.V., Kolchura I.V. (2008) Economic risks: assessment and forecasting : Monograph, Donetsk : DVNZ «DonNTU», 220 p., 113 p.

Сведения об авторах

Дорофеев Андрей Федорович, доктор экономических наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, д. 1, улица Вавилова, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, раб. +74722392294, dorofeev@bsaa.edu

Голубятникова Юлия Юрьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры обеспечения безопасности на объектах транспорта федерального государственного казенного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации имени И.Д. Путилина», ул. Горького, д. 71, г. Белгород, Россия, 308024, тел. 8-905-675-28-67, e-mail: julia.golubjatnikova@yandex.ru

Information about authors

Dorofeev Andrey Fedorovich, Doctor of Economics, Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Belgorod State University, 1, Vavilova Street, Maysky village, Belgorod region, Belgorod Region, Russia, 308503, rab. +74722392294, dorofeev@bsaa.edu

Golubyatnikova Yulia Yuryevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Security at Transport Facilities of the Federal State State Educational Institution of Higher Education «Belgorod Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after I.D. Putilin», Gorky str., 71, Belgorod, Russia, 308024, tel. 8-905-675-28-67, e-mail: julia.golubjatnikova@yandex.ru

УДК 338.436.33:332.144:504.062

Р.В. Капинос, Ю.П. Бреславец, А.И. Добрунова, А.П. Бреславец, П.И. Бреславец

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРОГНОЗНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОЙ АГРОЭКОСИСТЕМЫ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. К основным прогнозным показателям развития сельской агроэкосистемы относят: количество сельскохозяйственных предприятий и природоохранных организаций; площадь экологически чистых территорий в сельской местности, сельской местности, экологические резерваты в городской местности; наличие образцовых экоферм, способных стать локомотивом развития экологического движения всего региона; определение объемов имеющихся в хозяйстве природно-хозяйственных ресурсов в натуральном и стоимостном выражении; выявление уровня загрязнения и деградации имеющихся ресурсов в натуральном и стоимостном выражении; причины загрязнения и деградации ресурсов; основные источники загрязнения и деградации имеющихся в экономике ресурсов; способы минимизации загрязнения и деградации ресурсов; способы простого и расширенного воспроизводства природных и хозяйственных ресурсов аграрного хозяйства экологической направленности; стоимость работ по минимизации загрязнения и воспроизводству ресурсов хозяйства; пути государственного регулирования воспроизводства природно-хозяйственных ресурсов сельскохозяйственных предприятий экологической направленности. направления государственной политики с выделением дополнительных рекомендаций.

Интеграция кластерного типа, которая направлена на постоянную выработку инноваций, порождает совершенно новые возможности для развития экоселений РФ.

Формирование инновационных объединений (кластеров), имеющих подчас высокий уровень вертикальной и горизонтальной интеграции, в различных сферах АПК и в каждом регионе страны становится первоочередной задачей сегодняшнего дня.

Ключевые слова: регион, родовые поместья, сельские предприятия экологической направленности, сельские территории, факторы устойчивого развития, экологоориентированные хозяйства, экономическая модель, эко-хозяйства.

FEATURES OF CALCULATION OF FORECAST INDICATORS OF THE DEVELOPMENT OF THE RURAL AGROECOSYSTEM TO ENSURE RATIONAL NATURE MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Abstract. The main predictive indicators of the development of the rural agroecosystem include: the number of agricultural enterprises and environmental organizations; the area of ecologically clean territories in rural areas, rural areas, ecological reserves in urban areas; the presence of exemplary eco-farms that can become a locomotive for the development of the environmental movement of the entire region; determination of the volumes of natural and economic resources available in the economy in kind and value terms; identification of the level of pollution and degradation of available resources in kind and value terms; causes of pollution and degradation of resources; main sources of pollution and degradation of resources available in the economy; ways to minimize pollution and degradation of resources; ways of simple and extended reproduction of natural and economic resources of the agricultural economy of an ecological orientation; the cost of work to minimize pollution and reproduce the resources of the economy; ways of state regulation of the reproduction of natural and economic resources of agricultural enterprises of an ecological orientation. directions of state policy with the allocation of additional recommendations.

Cluster-type integration, which is aimed at the constant development of innovations, creates completely new opportunities for the development of ecovillages in the Russian Federation.

The formation of innovative associations (clusters), which sometimes have a high level of vertical and horizontal integration, in various areas of the agro-industrial complex and in each region of the country is becoming a top priority today.

Keywords: economic model, eco-farms, factors of sustainable development, family estates, region, rural areas, rural enterprises of ecological orientation, environmentally oriented farms.

К основным проблемам рационального природопользования и охраны окружающей среды в агропромышленном производстве исследователи обычно относят:

1. Загрязнение водных ресурсов.
2. Загрязнение и истощение земельных ресурсов.

3. Загрязнение окружающего воздуха.
4. Истощение лесных ресурсов.
5. Уничтожение целых популяций и видов животных.
6. Уничтожение видов растений.

При этом существует всегда высокая взаимозависимость приведенных проблем: возникновение одной проблемы влечет за собой обычно и весь список отмеченных проблем: к примеру, истощение лесных ресурсов вызывает зачастую уничтожение видов растений и целых популяций и видов животных, дальнейшее загрязнение окружающего воздуха, деградацию почвы, истощение и загрязнение водных ресурсов; загрязнение водных ресурсов приводит к гибели животных и растений, эрозии почвы, загрязнению воздуха [9].

К основным проблемам рационального использования региональных экономических ресурсов следует отнести:

1. Нерентабельность или низкую рентабельность сельскохозяйственного производства.
2. Незрелость социальной инфраструктуры (школы, больницы, клубы).
3. Незрелость или слабое развитие рыночной инфраструктуры (банки, биржи, страховые, консалтинговые компании).
4. Недостаточное развитие поселковой, сельской и городской инфраструктур (дорожные коммуникации).
5. Недостаток финансовых ресурсов (денег в свободном обращении и быстроликвидных ценных бумаг).
6. Незрелость промышленного производства.
7. Недостаточное развитие торговых точек.

Проблемы рационального использования региональных экономических ресурсов находятся между собой в тесной взаимосвязи: так, низкая рентабельность сельскохозяйственного производства влечет за собой незрелость социальной и сельской инфраструктур, недостаток финансовых ресурсов и недостаточное развитие торговых точек; незрелость промышленного производства – вызывает незрелость социальной инфраструктуры, незрелость или слабое развитие рыночной инфраструктуры, недостаточное развитие поселковой, сельской и городской инфраструктур [4, 5].

К основным проблемам рационального использования региональных природно-экономических и экономико-природных ресурсов мы можем отнести:

1. Недостаточное расширенное воспроизводство рабочей силы.
2. Невозможность полной переработки отходов промышленного и сельскохозяйственного производства.
3. Отсутствие оптимального сочетания важнейших факторов производства: труда – земли – техники – финансов – знаний [14].

При этом давно уже сложилась тенденция оптимизации всех перечисленных проблем в рамках специфических образований – эко-хозяйств, эко-деревень, эко-поселений.

Большинство исследователей к общим признакам эко-поселения относят следующие принципы:

- 1) экологической чистоты выпускаемой продукции;
- 2) минимального воздействия на экологию окружающего региона;
- 3) возрождения народных ремесел;
- 4) использования природных материалов, сырья и естественных удобрений;
- 5) минимизации воздействия техники на почву;
- 6) минимальном использовании технических устройств в быту;
- 7) конфессиональной идеологии, объединяющей коллектив поселенцев;
- 8) максимизации коллективного труда;
- 9) максимизации коллективной собственности [13].

В российской экономике сложилась тенденция представления, что экодвижение и зародилось, и в наибольшей степени развилось в сельском хозяйстве Западной Европы и Северной Америки.

В действительности, вся тысячелетняя история развития сельского хозяйства Руси, а затем и России основывалась на принципах экологически чистого, органического земледелия.

Эко-деревни можно классифицировать на традиционные и инновационные сельскохозяйственные образования, преследующие цели:

- 1) возрождения традиционных ремесел;
- 2) здорового естественного образа жизни;
- 3) самообеспечения семьи;
- 4) самоорганизация на национальных конфессиональных началах [3, 19].

При этом фермерские хозяйства своими основными целями ставят:

- 1) максимизацию прибыли;
- 2) выигрыш в конкурентной борьбе;
- 3) занятие максимальной рыночной доли;
- 4) обеспечение семьи.

Как видим, только одна цель совпадает у эко-поселений и фермерских хозяйств – что делает в настоящий момент невозможным широкую кооперацию между ними.

В то же время, общемировой тенденцией становится переход фермерских хозяйств на принципы эко-поселений, в особенности с ростом моды на органическое земледелие. В этих условиях кооперация и интеграция между фермерскими хозяйствами и эко-деревнями, как верно отмечается современными российскими исследователями, в будущем будет все более широкой – вплоть до полного объединения и превращения многих фермерских хозяйств и фермерских кооперативов в эко-поселения [1, 8].

Среди основных проблем, связанных с организацией современных эко-поселений, следует назвать:

- 1) сложность поиска экологически чистых участков земли;
- 2) значительные первоначальные вложения;
- 3) необходимость создания союза единомышленников;
- 4) сочетание коллективного духа и свободы;
- 5) необходимость отказа от большинства привычных благ цивилизации;
- 6) максимальный личный ручной труд, особенно в первые годы после создания поселения;
- 7) необходимость диалога с местными органами власти;
- 8) необходимость кооперации с местными жителями;
- 9) создание и поддержание ресурса собственного сайта – при минимальном использовании всех технических устройств;
- 10) создание летописи поселения;
- 11) организация общих празднеств [19].

При этом следует учитывать, что эко-поселения в большинстве случаев организуются на началах:

- 1) натурального хозяйства;
- 2) полного самообеспечения;
- 3) и при этом – расширенного воспроизводства – когда излишки обычно не сбываются, а идут на дальнейшее расширение производства и поселения [2].

Все перечисленные особенности организации эко-поселений создают и немалые сложности не только в период их организации, но и в течение ряда лет после создания.

Эко-деревни – сельскохозяйственные поселения, основанные на принципах: минимального воздействия на экологию окружающего региона; экологической чистоты выпускаемой продукции; минимизации воздействия техники на почву; минимальном использовании технических устройств в быту; возрождения народных ремесел; использования природных материалов, сырья и естественных удобрений; конфессиональной идеологии, объединяющей

коллектив поселенцев; максимизации коллективного труда; максимизации коллективной собственности [10].

К основным прогнозным показателям развития сельской агроэкосистемы мы относим:

1. Количество сельскохозяйственных предприятий и организаций экологической ориентации.
2. Наличие образцовых эко-хозяйств, которые могли бы стать локомотивом развития экологического движения целого региона.
3. Площадь экологически чистых территорий в сельской, поселковой местности, экологических заповедников в городской местности.
4. Определение имеющихся в хозяйстве объемов природных и экономических ресурсов в натуральном и стоимостном выражении.
5. Выявление уровня загрязнения и деградации имеющихся ресурсов в натуральном и стоимостном выражении.
6. Анализ причин загрязнения и деградации ресурсов.
7. Исследование основных источников загрязнения и деградации имеющихся в хозяйстве ресурсов.
8. Нахождение путей минимизации загрязнения и деградации ресурсов.
9. Изучение способов простого и расширенного воспроизводства природных и экономических ресурсов аграрного хозяйства экологической направленности [11].
10. Определение стоимости работ по минимизации загрязнения и воспроизводству ресурсов хозяйства.
11. Выявление путей государственного регулирования воспроизводства природных и экономических ресурсов аграрных хозяйств экологической направленности [12].

При этом важнейшим принципом внутреннего и внешнего управления аграрными хозяйствами экологической направленности должно быть сочетание планирования – с повторным, корректирующим планированием, которое бы строилось не на основе гипотетических пожеланий, а базировалось бы на постоянном учете и анализе эмпирической реальности. В то же время, управление не должно и носить только тактического характера, без прогноза динамики на долгосрочную перспективу – что обязывает применять принцип сочетания кратко-, средне- и долгосрочных планов [17].

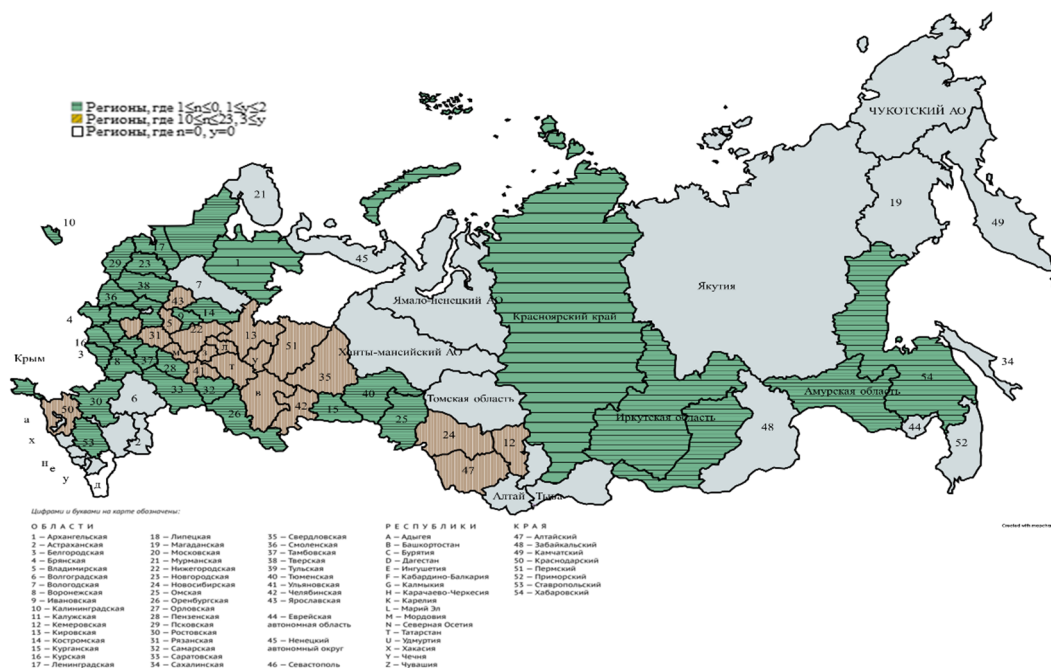


Рис. 1 – Регионы расположения экологоориентированных сельских обществ родовых поместий РФ в 2021 году

Для определения каждого из 11-ти прогнозных показателей развития сельской агроэкосистемы мы разработали карту, показывающую актуальное состояние экологоориентированных сельских обществ – родовых поместий в Российской Федерации по состоянию на 2021 год (рис. 1).

При этом n – это количество экологоориентированных сельских обществ – родовых поместий в определенном регионе, y – количество направлений деятельности в рамках исследуемых хозяйств.

Как видим, из 400 родовых хозяйств РФ по состоянию на 2021 год наибольшее их число при максимальной диверсификации экономической деятельности приходилось на Центрально-Чернозёмный экономический район (ЦЧЭР), в том числе Белгородскую, Воронежскую области, Центральный, Северо-Западный, Волго-Вятский, Поволжский, Уральский экономические районы, значительную часть Северо-Кавказского, Северного, Восточно-Сибирского, Западно-Сибирского и Дальневосточного экономических районов, а также Калининградскую область. Таким образом, в целом эко-хозяйства в форме родовых организаций присутствуют во всех экономических районах России, причем даже максимально суровые природные и климатические условия и удалённость от основных инвестиционных и инфраструктурных центров не останавливает их распространения.

К основным прогнозным показателям развития сельской агроэкосистемы мы отнесли в том числе способы простого и расширенного воспроизводства природных и экономических ресурсов аграрного хозяйства экологической направленности; пути минимизации загрязнения и деградации ресурсов; пути государственного регулирования воспроизводства природных и экономических ресурсов аграрных хозяйств экологической направленности. В этой связи нами предлагается ряд мер по дальнейшему развитию инновационной деятельности экопоселений (родовых поместий) в Белгородской области, которые могли бы стать одной из самых перспективных хозяйственных форм в области органического земледелия [6, 7].

Таблица 1 – Основные направления инновационного развития экопоселений (родовых поместий) Российской Федерации

Направление	Характеристика направления
Экономические	<ul style="list-style-type: none"> - формирование спроса на продукцию органическое земледелия; - через финансирование государством просветительских программ здорового образа жизни; - через финансовое стимулирование государством маркетинговых исследований потребностей и запросов на органические продукты
Организационные	<ul style="list-style-type: none"> - целесообразно разработать проекты типовых родовых поместий (экопоселений) по государственному заказу для безвозмездной передачи потенциальным поселенцам; - под патронажем государства специальные услуги информационно-консультационных служб; специальные сайты, конференции, издания, посвященные развитию экопоселений; регулярные ярмарки органической продукции

Предложенные меры будут способствовать дальнейшему развитию родовых поместий и экодеревень Белгородской области, обеспечивая не только количественный, но качественный рост продукции АПК [16].

Следует также изучить возможность использования в эко-поселениях и органическом земледелии таких ультрасовременных методов, как *бережливое (экономное, lean) производство и управление*, принцип «5 С», доска задач и кайдзин – тем более что анализ экономики эко-поселений показывает, что большая часть данных «инновационных» принципов и методов уже используется в эко-хозяйствах, остальные же – также вполне можно применить, учитывая уникальную способность эко-хозяйств, прежде всего профессиональных хозяйств,

«сочетать несочетаемое», использовать все лучшие достижения народных традиций, соединяя их с достижениями науки и техники.

Прежде всего следовало бы сказать о знаменитом в наше время принципе «5 С»:

1. Стремление отказаться от ненужного.
2. Порядок.
3. Чистота.
4. Стандарты.
5. Совершенствование и самодисциплина.

Постоянная разумная экономия, выражающаяся в отказе от излишнего, создающего на производстве лишь мусор – характерная черта всех аскетичных конфессиональных хозяйств. Эко-поселение отказ от ненужного – от того, без чего и человеческий труд, и семейный быт могут вполне прожить, доводит зачастую до отказа от личного автотранспорта (кибуцы Израиля и экопоселения Швеции); банкнот (староверческие общины); мобильных телефонов, телевизоров, компьютеров.

К основным прогнозным показателям развития сельской агроэкосистемы мы отнесли в том числе наличие образцовых эко-хозяйств, которые могли бы стать локомотивом развития экологического движения целого региона. В этой связи рассмотрим один из характерных примеров такого рода образцового эко-хозяйства, который может быть учтён при выработке дальнейшей стратегии развития эко-хозяйств и в целом агроэкосистемы в каждом отдельном регионе Российской Федерации.

Одно из наиболее развитых эко-поселений в Восточной Европе расположено в Одесской области, в п. Вилково – это община старообрядцев поповцев-липован. Хозяйство по разным данным было основано от 250 до 350 лет назад. В настоящий момент насчитывает до 10 тыс. жителей. Хозяйство, в отличие от большинства эко-поселений России и ближнего зарубежья, носит ярко выраженный товарный характер, при этом хозяйство многоотраслевое и по многим статьям высокодоходное.

Основная отрасль – это рыбалка, уже на протяжении нескольких сотен лет. Это говорит о том, что, несмотря на постоянный рост населения и интенсивное использование водных ресурсов, хозяйство сохраняет запасы рыбы. В целом в дельте Дуная, вокруг поселка, обитает 91 вид рыб, при этом все рыбы, занесенные в Европейскую Красную книгу, встречаются в акватории заповедника – рис. 2. Среднегодовой улов растет, при этом снижается его качество (состав) и средний вес одной рыбы – что во многом объясняется нерешенностью проблемы строительства рыбозавода по разведению ценных пород рыбы (на сегодняшний момент для его создания планируется доленое участие нескольких придунайских стран).



Рис. 2 – Основные породы рыбы в дельте Дуная, эко-поселение (родовое поместье) Вилково, нач. 21 в.

Сельдь имеет наибольшее значение среди промысловых рыб. Ее весенний отлов, как и сотни лет назад, во многом определяет семейный бюджет значительной части вилковчан. Благодаря особенностям нереста: икра сельди свободно парит в толще воды, – строительство дамб на многих из ее нерестилищ не помешало ей сохранить свою численность.

Среди частичковых рыб – основных обитателей Дуная, которых издавна вылавливают здесь частичковыми сетями, в настоящий момент улов распределяется следующим образом:

- 59% – серебряный карась;
- 14% – лещ;
- 7% – сазан;
- 1% – сом.

Общая среднегодовая добыча – 606 т.

Сто лет назад, в нач. 20 в. (1900-1904 гг.) – 263 т., из них сазана – 87%.

Максимальный вес сазана:

- нач. 20 в. – 45 кг.
- нач. 21 в. – 20 кг.

Так, только по одному сазану, если брать для сравнения Агроиндекс цены (среднюю из минимальных цен в супермаркетах и на рынках России и СНГ на основе различных систем в рознице), приводимый Базой цен АГРО 24, при минимальной цене за 1 кг в январе 2019 г. – 260 р, и максимальной цене в апреле – 735,25 р,

- по минимальной цене в нач. 21 в. п. Вилково можно было заработать 18 558 750 р,
- по максимальной цене – 33 087 600 р.

В начале же 20 в., если оставить базовыми для сравнения цены 21 в., но при реальном улове – выручка могла быть в 5,4 раз больше при минимальной цене и 5,4 при максимальной цене – табл. 2.

Таблица 2 – Динамики выручки по эко-хозяйству п. Вилково при базовых для сравнения ценах 21 в.

Показатели	Данные, нач. 20 в., руб.	Данные, нач. 21 в., руб.
Выручка при минимальной цене	100 104 375	18 558 750
Выручка при максимальной цене	178 471 800	33 087 600

В начале же 20 в., если оставить базовыми для сравнения цены нач. 20 в., при соотношении 1 рубль 1913 г. = 1040 рублям 2010 г. (по золотому содержанию), но при реальном улове – выручка также могла быть в 5,4 раз больше при минимальной цене и 5,4 при максимальной цене – табл. 3.

Таблица 3 – Динамики выручки по эко-хозяйству п. Вилково при базовых для сравнения ценах 20 в.

Показатели	Данные, нач. 20 в., руб.	Данные, нач. 21 в., руб.
Выручка при минимальной цене	96 100, 2	17 816, 4
Выручка при максимальной цене	171 607, 5	31 815

Таким образом, 100 лет назад экопоселение Вилково могло зарабатывать только на одной породе рыб более чем в 5 раз больше, чем в настоящее время.

Осуществленный нами многофакторный анализ с использованием метода наименьших квадратов позволил нам прийти к следующему уравнению, показывающему степень влияния 6-ти факторов на динамику численности эко-хозяйств в РФ – вектор оценок коэффициентов регрессии равен $Y(X) = (X^T X)^{-1} X^T Y$:

$$Y = 9.3518 + 0.3582X_1 + 0.8992X_2 + 0.000631X_3 + 0.1947X_4 - 0.09054X_5 - 0.00064X_6 \quad (1)$$

Применяя максимальный коэффициент $\beta_2=0.44$, можем сделать однозначный вывод, что наибольшее влияние на численность эко-хозяйств в Российской Федерации – Y оказывал в изучаемом периоде фактор X_2 – количество свободных экологических территорий, в абсолютной величине.

В общем случае формула модели прогнозной динамики развития экологизации сельского хозяйства на сельских территориях по нашим эмпирическим данным будет выглядеть:

$$Y_6 = A_0 + \sum_{a=1}^6 \times \sum_{x=1}^6 A_i X_j \quad (2)$$

При этом коэффициент A_0 определяет начальные условия развития и интегральное воздействие неучтенных в модели факторов.

Используя разработанную нами концептуальную модель системы прогнозирования инновационного развития сельской агроэкосистемы, мы сделали прогноз на ближайшую перспективу распространения по регионам экологоориентированных сельских обществ РФ – первого и важнейшего прогнозного показателя развития агроэкосистемы. Прогноз на 2025 г представлен на рис. 3.

Данные предложенного нами анализа должны учитываться при разработке общей экологической политики и специальной политики государственного управления экологоориентированными хозяйствами и территориями.



Рис. 3 – Регионы распространения экологоориентированных сельских обществ РФ, прогноз на 2025 г.

Реализованная нами прогнозная модель развития экологизации экономики и АПК РФ на 2025 г. позволяет разработать комплекс мер, которые способствовали бы поступательному осуществлению и закреплению выявленной прогрессивной тенденции.

Необходимо обратить особое внимание на стимулирование роста эко-поселений в Белгородской области как аграрном регионе, а также других регионах РФ. Мы рекомендуем:

- 1) создать карту эко-поселений Белгородской области;
- 2) продолжить научные экспедиции в эко-поселения, организованные на базе экономического факультета Белгородского ГАУ имени В. Я. Горина;
- 3) наполнить реальным финансовым обеспечением программу развития родовых поместий;
- 4) развивать кооперацию между эко-поселениями [14, 18];
- 5) создавать экологоориентированные инновационные кластеры;
- 6) углублять интеграцию УНИЦ «Агротехнопарк» и эко-поселений региона [8].

Агротехнопарки – научно-исследовательские подразделения учебных организаций, осуществляющие инновационную деятельность.

Кластеры – интеграционные объединения учебных, научных учреждений, государственных организаций, производственных фирм с целью создания и реализации на практике новаций и получения устойчивой прибыли.

Необходимо обратить особое внимание на стимулирование развития новых в Белгородской области кластеров как интеграционных объединений эко-деревень, УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ имени В.Я. Горина, и администрации области. Для этого, как правильно указывается исследователями, следует: организовать более масштабные экспедиции в существующие эко-деревни Белгородской области; подписать полномасштабный договор между УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ имени В.Я. Горина, эко-деревнями и администрацией области, продолжить научные публикации, освещающие особенности эко-поселений, в том числе, с точки зрения их профессиональной принадлежности, в рамках работы учебно-научной лаборатории региональной экономики по кооперации и интеграции АПК, развитию сельских территорий Белгородского ГАУ имени В. Я. Горина.

Инновационные кластеры в АПК – одна из современных инновационных форм развития аграрной экономики. При этом под инновационными кластерами в АПК следует понимать объединение аграрных компаний и связанных с ними научных, финансовых организаций и органов местной власти, действующих в сельском хозяйстве и характеризующихся общностью одной или нескольких характеристик:

- географического положения;
- отраслевой принадлежности;
- поставщиков;
- трудовых ресурсов;
- капитала;
- доступа к специализированным услугам;
- наличия специализированных учебных заведений;
- наличия специальных исследовательских организаций.

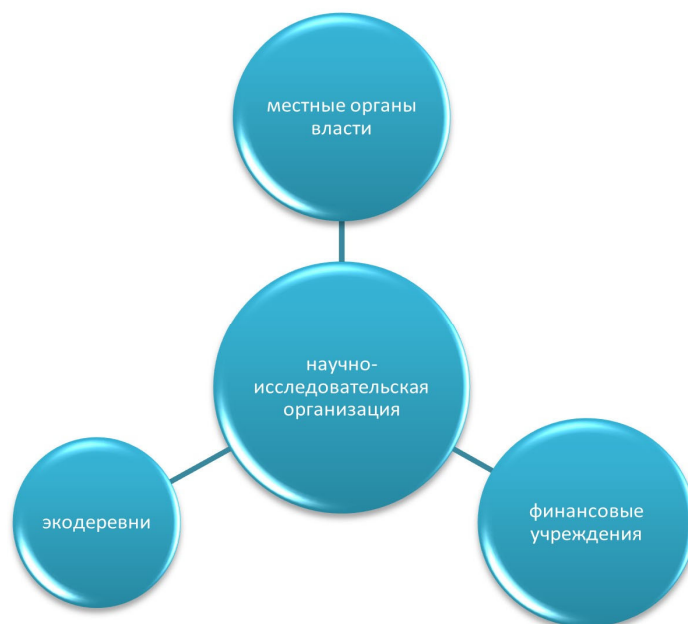


Рис. 4 – Модель 1-го типа экологического кластера

Интеграция кластерного типа, нацеленная на постоянную выработку пусть даже самых рискованных с точки зрения реализации на рынке инноваций, порождает совершенно новые возможности для развития экопоселений РФ.

Формирование такого рода инновационных объединений (кластеров), имеющих подчас высокий уровень вертикальной и горизонтальной интеграции, в различных сферах АПК и в каждом регионе страны становится первоочередной задачей сегодняшнего дня.

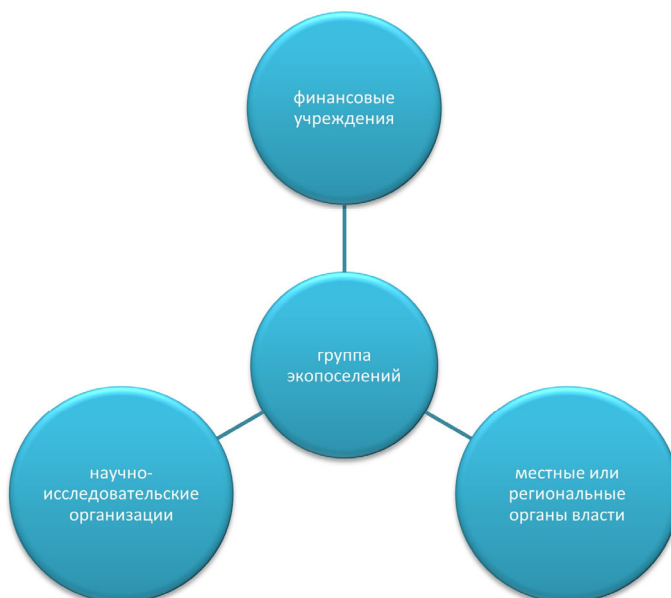


Рис. 5 – Модель 2-го типа экологического кластера

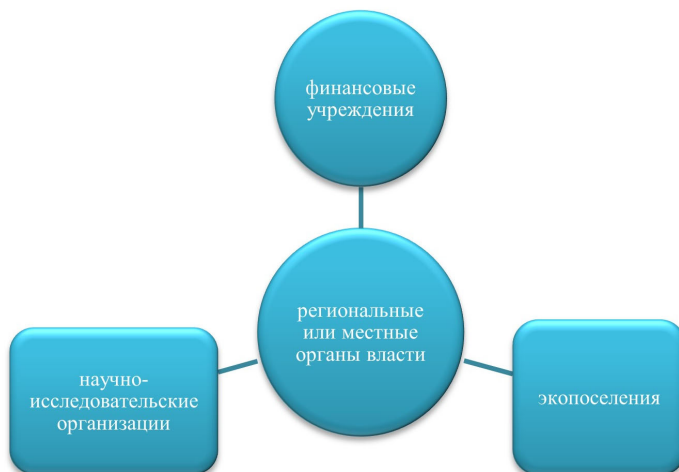


Рис. 6 – Модель 3-го типа экологического кластера

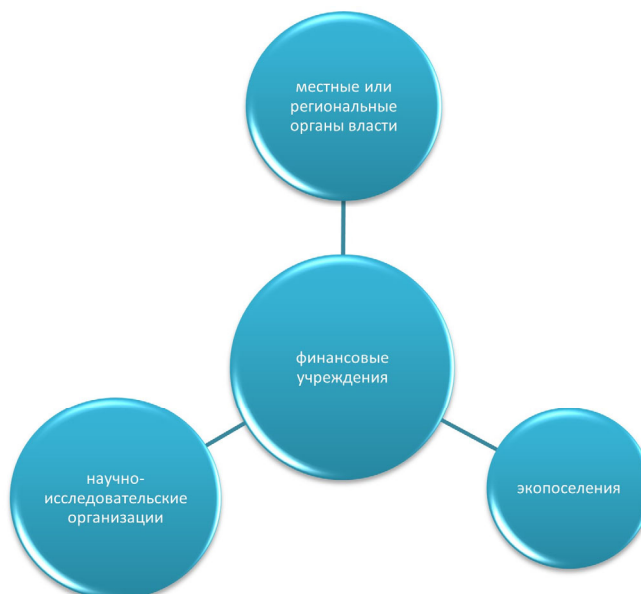


Рис. 7 – Модель 4-го типа экологического кластера

Каждый кластер является:

- 1) объектом крупных капиталовложений, грантов, направляющихся на:
 - прорывные научные исследования;
 - междисциплинарные и межотраслевые разработки, которые одновременно можно применять в нескольких смежных направлениях экономической деятельности;
 - стимулирование человеческого капитала;
 - развитие рыночной инфраструктуры и информационных технологий;
- 2) объектом инвестиций как со стороны государства, так и отечественного и иностранного бизнеса, устанавливающих между собой устойчивые связи;
- 3) объединением, имеющим центральное звено – в качестве которого может выступать (см. рис. 4-7):
 - одно крупное экопоселение или группа экодеревень;
 - научно-исследовательская организация – рискованное предприятие, нацеленное исключительно на инновации;
 - региональная администрация или муниципальный орган власти;
 - финансовая или торговая компания.

Таблица 4 – Эко-поселения как форма решения застарелых эколого-экономических проблем XX-XXI вв.

Эколого-экономические проблемы XX-XXI вв.	Способы решения
<p>«Экологические болезни»: воспаление кишечника – болезнь Крона и язвенный колит, причина – дисбаланс между организмом хозяина и микробами: чрезмерная гигиена, интенсивное использование антибиотиков, главное же – постоянный доступ к разнообразному питанию с несбалансированной, калорийной диетой с низким содержанием клетчатки нарушает симбиотическую связь бактерий и организмов-хозяев, бактерии начинают развиваться сами по себе, независимо от человека, микробы переключаются с метаболитов человека на более роскошное меню из продуктов пищи человека, тем самым уклоняясь от взаимодействия с организмом хозяина; чрезмерное питание бактерий способствует их быстрому росту.</p>	<p>Новые привычки питания, характерные для всех экопоселенцев: переход на простую пищу и периодические голодания (по мнению немецких исследователей из Центра совместных исследований в Кильском университете имени Кристиана Албрехта).</p>
<p>70-75 тыс. микрочастиц пластика в среднем проглатывает каждый человек в течение одного года (сотрудники Университета Виктории, Канада). Микропластик – остатки изделий, под влиянием солнца, воздуха и воды распавшиеся на крошечные волокна. Массовое производство пластмасс началось в 1940-е годы, и его темпы растут в геометрической прогрессии. Жители США и других экономически развитых стран ежегодно только выпивают 39-52 тыс. микрочастиц пластика, не считая частиц пластика, вдыхаемого из воздуха.</p>	<p>Переход на глиняную и стеклянную посуду собственного производства (родовые поместья Белгородской, Московской области).</p>
<p>Примерно 10% всех используемых в мире пестицидов и около 25% всех инсектицидов приходится на хлопковые поля. Химические вещества на хлопковых полях: ортофосфаты, трифуларин, токсафен, метамидофос – высокотоксичны. При переработке хлопка также используются химикаты, загрязняющие почву, воздух и поверхностные воды. 55% мирового объема хлопка выращивается из ГМО семян. При отбеливании волокна в окружающую среду выделяются токсичные побочные продукты. По данным Всемирного фонда дикой природы WWF, на производство одного килограмма сырья уходит от 7000 до 29000 литров воды – именно непомерная эксплуатация воды под выращивание хлопка стала основной причиной исчезновения Аральского моря.</p>	<p>Органический хлопок – 0,76% от общего количества, выращивают в 22 странах, среди лидеров – Турция, Сирия, Китай, США, Египет. В качестве удобрения – органика, для отпугивания насекомых используется чеснок, перец чили и мыло, для удаления сорняков применяется ручная прополка, хлопок собирается вручную. Используется севооборот: первый год поля засеваются хлопчатником и арахисом или нутом, на второй год – овощами, пшеницей и кукурузой. Полив – капельный, прямо под корень. Фирмы: C&A было продано свыше 100 млн. предметов одежды (2013 г.) из органического хлопка, Levi's выпустила коллекцию экологических джинсов «Levi's Eco» (2008 г.).</p>

При этом развитие эко-хозяйств, биологизация сельского хозяйства, экологизация общественной и приватной жизни, по нашим прогнозам, будет способствовать решению

многих наиболее серьезных экономических, экологических, социальных проблем России и других стран в XXI в.

Библиография

1. Буздалов И.Н. Национальный проект «Развитие АПК» как реальный шаг в активизации политики аграрного протекционизма / И.Н. Буздалов // *Аграрная Россия*. – 2007. – № 2. – С. 2-9.
2. Дорофеев А.Ф. Экологическое воспитание и аграрное образование. Опыт Германии // *Бюллетень научных работ Белгородской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Я. Горина*. 2005. № 2. С. 135-137. (in Russian).
3. Капинос Р.В. Будущее сельского хозяйства // *Аграрная Россия*. № 10, 2013. С. 50-54.
4. Концептуальные основы научно-технологического прогнозирования в АПК // Волков С.Н., Вершинин В.В., Турьянский А.В., Дорофеев А.Ф., Линков С.А., Федосеева Т.П., Алейник С.Н., Акинчин А.В., Ступаков А.Г., Смуров С.И., Добрунова А.И., Мелентьев А.А., Здоровец Ю.И., Гапиенко О.В., Кульков С.С., Чунихин А.С. Москва - Белгород, 2020. (in Russian).
5. Anichin Vladislav L., Vladyka Marina V., Dobrunova Alina I., Stryabkova Elena A., Tokhtar Valeriy K. The state and prospects of smart specialization of the agro-industrial complex of the Belgorod region. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*. Volume 11, issue 4, 2021, part 2. 1019-1024. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees11.448>.
6. Anichin Vladislav, Chugay Dmitry, Khudobina Galina and Yakovenko Natalia. Organizational and economic aspects of innovation management in agro-industrial enterprises. Published online: 30 July 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202111600041>.
7. Anichin Vladislav, Zhelyabovskiy Aleksandr, Yakovenko Natalia, Khudobina Galina. Improving Interaction between Public Authorities and Business Structures in the Region. *Proceedings of the 3rd International Conference Spatial Development of Territories (SDT 2020)*. *Advances in Economics, Business and Management Research*, volume 181. 308-314. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.210710.052>.
8. Dorofeev A., Breslavets Yu., Kapinos R., et al., 2022. Prospects for the development of agricultural cooperation (on the example of rural environmental enterprises) DAICRA 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 949 (2022) 012142. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/949/1/012142.
9. Dorofeev A., Breslavets P., Dobrunova A., et al., 2022 A model for managing sustainable regional development of ecological agricultural enterprises in rural areas DAICRA 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 949 (2022) 012146 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/949/1/012146
10. Kapinos R.V., Osmirko I.V., Sinita T.V. Communal agrarian economy in the world market // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2015. № 9-3 (40). С. 104-105. (in Russian).
11. Kapinos R, Dobrunova A, Akupiyani O, et al., 2018 Distinctive features of classification of factors determining the economic behavior of economic entities predominantly rural areas from the standpoint of the theory of long waves *International review* 1 15, 10.32461/2226-3209.1.2018.178145.
12. Kapinos R., Akupiyani O., Kravchenko D., et al., 2019 Regional aspects of research of agricultural enterprises of ecological orientation *Amazonia investiga* 8(23) 565.
13. Kapinos R., Dobrunova A., Akupiyani O., et al., 2020 Rural Settlements in the Form of Eco-Farms in the Context of the Global Economic Crisis *Turismo: Estudos & Práticas (UERN)*, Mossoró/RN, Caderno Suplementar, Retrieved from: <http://natal.uern.br/periodicos/index.php/RTEP>
14. Kapinos R., Echin N., Chovgan N., Akupiyani O., Kravchenko D. Regional aspects of research of agricultural enterprises of ecological orientation. *Amazonia Investiga*. Vol. 8. № 23, 2019., pp. 565-573.
15. Kapinos R., Dobrunova A., Akupiyani O., Kravchenko D., Chovgan N. Rural settlements in the form of eco-farms in the context of the global economic crisis. *Turismo: Estudos & Práticas (UERN)*, Mossoró/RN, Caderno Suplementar 03, 2020.
16. Kapinos R., Akupiyani O., Kravchenko D., et al., 2020 Economics, organization and management of environmental engineering in farms and rural individual entrepreneurs of environmental orientation *Journal of Physics: Conference Series* 52075. doi:10.1088/1742-6596/1679/5/052075.
17. Kapinos R., Akupiyani O., Kravchenko D., et al., 2021 Digital Economy In Accordance With The Principles Of Environmental Engineering *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences* 8(23) 565 Volume 116, ICEST 2021 – Pages: 2607-2614.
18. Kapinos R., Dobrunova A., Dorofeev A., et al., 2021 Prospects of the use of alternative energy sources in an ecological economy IOP Conference series: earth and environmental science: AGRITECH-V – 2021: agribusines, environmental engineering and biotechnologies.
19. Xenophon. Socratic works. – SPb. : JSC «Komplekt», 1993. – 416 p.
20. Zadorozhniy V.G. Human saving function of Economics. – Kharkiv, 2012. – 180 p.

References

1. Buzdalov I.N. Nacional'nyj proekt «Razvitie APK» kak real'nyj shag v aktivizacii politiki agrarnogo protekcionizma / I.N. Buzdalov // *Agrarnaya Rossiya*. – 2007. – № 2. – S. 2-9.

2. Dorofeev A.F. Ekologicheskoe vospitanie i agrarnoe obrazovanie. Opyt Germanii // Byulleten' nauchnyh rabot Belgorodskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.YA. Gorina. 2005. № 2. S. 135-137. (in Russian).
3. Kapinos R.V. Budushchee sel'skogo hozyajstva // Agrarnaya Rossiya. № 10, 2013. S. 50-54.
4. Konceptual'nye osnovy nauchno-tehnologicheskogo prognozirovaniya v APK // Volkov S.N., Ver-shinin V.V., Tur'yanskij A.V., Dorofeev A.F., Linkov S.A., Fedoseeva T.P., Alejnik S.N., Akinchin A.V., Stupa-kov A.G., Smurov S.I., Dobrunova A.I., Melent'ev A.A., Zdorovec YU.I., Gapienko O.V., Kul'kov S.S., CHunihin A.S. Moskva - Belgorod, 2020. (in Russian).
5. Anichin Vladislav L., Vladyka Marina V., Dobrunova Alina I., Stryabkova Elena A., Tokhtar Valeriy K. The state and prospects of smart specialization of the agro-industrial complex of the Belgorod region. International Journal of Ecosystems and Ecology Science. Volume 11, issue 4, 2021, part 2. 1019-1024. DOI: <https://doi.org/10.31407/ijees11.448>.
6. Anichin Vladislav, Chugay Dmitry, Khudobina Galina and Yakovenko Natalia. Organizational and economic aspects of innovation management in agro-industrial enterprises. Published online: 30 July 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202111600041>.
7. Anichin Vladislav, Zhelyabovskiy Aleksandr, Yakovenko Natalia, Khudobina Galina. Improving Interaction between Public Authorities and Business Structures in the Region. Proceedings of the 3rd International Conference Spatial Development of Territories (SDT 2020). Advances in Economics, Business and Management Research, volume 181. 308-314. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.210710.052>.
8. Dorofeev A., Breslavets Yu., Kapinos R., et al., 2022. Prospects for the development of agricultural cooperation (on the example of rural environmental enterprises) DAICRA 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 949 (2022) 012142. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/949/1/012142.
9. Dorofeev A., Breslavets P., Dobrunova A., et al., 2022 A model for managing sustainable regional development of ecological agricultural enterprises in rural areas DAICRA 2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 949 (2022) 012146 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/949/1/012146.
10. Kapinos R.V., Osmirko I.V., Sinitsa T.V. Communal agrarian economy in the world market // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. № 9-3 (40). С. 104-105. (in Russian).
11. Kapinos R, Dobrunova A, Akupiyani O, et al., 2018 Distinctive features of classification of factors determining the economic behavior of economic entities predominantly rural areas from the standpoint of the theory of long waves International review 1 15, 10.32461/2226-3209.1.2018.178145.
12. Kapinos R., Akupiyani O., Kravchenko D., et al., 2019 Regional aspects of research of agricultural enterprises of ecological orientation Amazonia investiga 8(23) 565.
13. Kapinos R., Dobrunova A., Akupiyani O., et al., 2020 Rural Settlements in the Form of Eco-Farms in the Context of the Global Economic Crisis Turismo: Estudos & Práticas (UERN), Mossoró/RN, Caderno Suplementar, Retrived from: <http://natal.uern.br/periodicos/index.php/RTEP>
14. Kapinos R., Echin N., Chovgan N., Akupiyani O., Kravchenko D. Regional aspects of research of agricultural enterprises of ecological orientation. Amazonia Investiga. Vol. 8. № 23, 2019., pp. 565-573.
15. Kapinos R., Dobrunova A., Akupiyani O., Kravchenko D., Chovgan N. Rural settlements in the form of eco-farms in the context of the global economic crisis. Turismo: Estudos & Práticas (UERN), Mossoró/RN, Caderno Suplementar 03, 2020.
16. Kapinos R., Akupiyani O., Kravchenko D., et al., 2020 Economics, organization and management of environmental engineering in farms and rural individual entrepreneurs of environmental orientation Journal of Physics: Conference Series 52075. doi:10.1088/1742-6596/1679/5/052075.
17. Kapinos R., Akupiyani O., Kravchenko D., et al., 2021 Digital Economy In Accordance With The Principles Of Environmental Engineering European Proceedings of Social and Behavioural Sciences 8(23) 565 Volume 116, ICEST 2021 – Pages: 2607-2614.
18. Kapinos R., Dobrunova A., Dorofeev A., et al., 2021 Prospects of the use of alternative energy sources in an ecological economy IOP Conference series: earth and environmental science: AGRITECH-V – 2021: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies.
19. Xenophon. Socratic works. – SPb. : JSC «Komplekt», 1993. – 416 p.
20. Zadorozhniy V.G. Human saving function of Economics. – Kharkiv, 2012. – 180 p.

Сведения об авторах

Капинос Роман Валерьевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.: +79066050860, e-mail: rkapinos@yandex.ru

Бреславец Юрий Павлович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей и частной зоотехнии, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.: +79045351862, e-mail: umat_05@mail.ru

Добрунова Алина Ивановна, доктор экономических наук, начальник планово-финансового отдела, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.: +79103225725, e-mail: dobrunova_ai@bsaa.edu.ru

Бреславец Александр Павлович, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.: +79205769422, e-mail: breslavetsalexander@yandex.ru

Бреславец Павел Иванович, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры морфологии, физиологии, инфекционной и инвазионной патологии, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.: +79102254974, e-mail: p-breslavvec@yandex.ru

Information about authors

Kapinos Roman Valerievich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +79066050860, e-mail: rkapinos@yandex.ru

Breslavets Yury Pavlovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of General and Private Animal Science, Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +79045351862, e-mail: umat_05@mail.ru

Dobrunova Alina Ivanovna, Doctor of Economics, Head of the Planning and Financial Department of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +79103225725, e-mail: dobrunova_ai@bsaa.edu.ru

Breslavets Alexander Pavlovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +79205769422, e-mail: breslavetsalexander@yandex.ru

Breslavets Pavel Ivanovich, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Morphology, Physiology, Infectious and Invasive Pathology, Belgorod State Agrarian University, st. Vavilova, 1, Maisky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +79102254974, e-mail: p-breslavvec@yandex.ru

УДК 338.43:332.143:631.1

В.Б. Попова, А.С. Лосева

АНАЛИЗ ВАЛОВОЙ ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье изучено изменение структуры валовой продукции сельского хозяйства региона за последние десять лет, показана существенность структурных сдвигов в сторону развития производства в крупных агроформированиях. Проанализированы динамические особенности сельскохозяйственного производства, характеризующиеся более высокими темпами роста в сельскохозяйственных организациях и в отрасли животноводства и отражающие диверсификационные процессы в аграрной экономике. Выявлено отсутствие значительных различий трендовых показателей продукции сельского хозяйства в области по сравнению со среднерегionalной и общероссийской тенденциями, наблюдавшихся в предыдущие периоды, что связано с сокращением объемов инвестирования и привело к снижению конкурентных возможностей отрасли. Отражена асимметричность территориального размещения производства продукции сельского хозяйства, обусловленная вариацией природных и социально-экономических факторов в муниципальных районах.

Проведение исследования основано на применении статистических инструментов анализа, отражающих институциональные, отраслевые и межтерриториальные аспекты анализа сельскохозяйственного производства. Сводная оценка степени существенности изменений в структуре валовой продукции произведена на основе индекса В. Рябцева, значения которого анализируются по специальной шкале. Сравнение средних значений индексов физического объема продукции сельского хозяйства с индексами других экономикаобразующих отраслей региона в докризисный и послекризисный периоды времени обеспечивает выявление адаптационных способностей отрасли. Их сопоставление с общероссийскими и среднерегionalными темпами роста позволяет определять ее конкурентные возможности. Различие индексов физического объема продукции в разных категориях сельскохозяйственных товаропроизводителей демонстрирует неравномерность их производственного развития, а в обстоятельствах нетипичных погодных условий и неблагоприятной рыночной конъюнктуры выявляет степень адаптированности к ним.

Востребованность результатов проведенного исследования предопределяется необходимостью актуализации управленческих решений по развитию аграрного производства в регионе с учетом сложившихся тенденций и новых реалий макроэкономической ситуации.

Ключевые слова: валовая продукция сельского хозяйства, индекс физического объема продукции сельского хозяйства, категории хозяйств, отрасли производства, структурные сдвиги, динамика.

ANALYSIS OF GROSS AGRICULTURAL OUTPUT IN THE TAMBOV REGION

Abstract. The article studies the change in the structure of the gross agricultural output of the region over the past ten years, shows the significance of structural shifts towards the development of production in large agricultural formations. The dynamic features of agricultural production characterized by higher growth rates in agricultural organizations and in the livestock industry and reflecting the diversification processes in the agricultural economy are analyzed. The absence of significant differences in the trend indicators of agricultural products in the region compared with the average regional and all-Russian trends observed in previous periods was revealed, which is associated with a reduction in investment volumes and led to a decrease in the competitive capabilities of the industry. The asymmetry of the territorial distribution of agricultural production due to the variation of natural and socio-economic factors in municipal areas is reflected.

The research is based on the use of statistical analysis tools reflecting institutional, sectoral and interterritorial aspects of the analysis of agricultural production. A summary assessment of the degree of materiality of changes in the structure of gross output was made on the basis of the V. Ryabtsev index, the values of which are analyzed on a special scale. Comparison of the average values of the indices of the physical volume of agricultural products with the indices of other economic-forming industries of the region in the pre-crisis and post-crisis periods of time provides identification of the adaptive abilities of the industry. Their comparison with the all-Russian and regional average growth rates allows us to determine its competitive capabilities. The difference in the indices of the physical volume of products in different categories of agricultural producers demonstrates the unevenness of their production development, and in the circumstances of atypical weather conditions and unfavorable market conditions reveals the degree of adaptation to them.

The relevance of the results of the study is determined by the need to update management decisions on the development of agricultural production in the region, taking into account current trends and new realities of the macroeconomic situation.

Keywords: gross agricultural output, index of the physical volume of agricultural output, categories of farms, branches of production, structural shifts, dynamics.

Введение. В условиях проводимой в отношении Российской Федерации санкционной политики со стороны США и европейских стран повышается значимость вопросов продовольственной безопасности и создания системы импортозамещения на базе аграрных регионов страны. Обеспечение производственной стороны продовольственной безопасности осложняется сохранением высокой импортозависимости от зарубежной техники и технологий, а также от таких видов ресурсов как семена, кормовые добавки, средства защиты растений, ветеринарные препараты [9].

Сельскохозяйственное производство традиционно сопряжено с природно-климатическими рисками. В последние годы заметно усилилось отрицательное влияние на аграрную экономику макроэкономических факторов. Так, оно явно проявлялось в 2008-2009 гг. и в 2014-2015 г. В первом случае – как последствия финансово-экономического кризиса, во втором случае – как ухудшение экономической ситуации в связи с падением цены на нефть, международными антироссийскими санкциями. Во многом дисбалансы в экономической системе регионов России вызвала, а также оказала отрицательное воздействие на определенные отрасли масштабная пандемия коронавируса COVID-19 [1].

Аналитические подходы, основанные на сравнении темпов развития сельского хозяйства в докризисные и послекризисные периоды и позволяющие выявлять адаптационные возможности отрасли на уровне региона, были рассмотрены в ряде предыдущих исследований [3; 5].

Цель настоящего исследования состоит в изучении существенности структурных сдвигов продукции сельского хозяйства и выявлении изменения в тенденциях сельскохозяйственного производства за десятилетний период (2011-2020 гг.). Сравнение с показателями за данный период, предшествующий введению очередных санкций, позволит в дальнейшем дать оценку развития отрасли в условиях экономической нестабильности.

Информационное обеспечение исследования составили данные Федеральной службы государственной статистики (Росстата) и территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Тамбовской области.

В процессе исследования задействованы статистические методы, применение которых направлено на изучение диспропорций аграрного развития, выявление адаптационных и конкурентных возможности отрасли, идентификацию диверсификационных процессов в ней.

Основная часть. Вопросы импортозамещения продовольствия непосредственным образом связаны с объемом производства сельскохозяйственной продукции и наиболее актуальны для аграрных субъектов Российской Федерации. К числу таких субъектов относится Тамбовская область, удельный вес сельского хозяйства в которой равняется в структуре валового регионального продукта 24,7% [7]. Позиционирование традиционной для области аграрной сферы деятельности как точки роста, обеспечивающей продовольственную безопасность в сложных макроэкономических условиях, определяется как одно из стратегических направлений развития региональной экономики.

Тамбовская область вносит заметный вклад в аграрную экономику страны и федерального округа. В сельском хозяйстве области производится 2,6% валовой сельскохозяйственной продукции страны, что соответствует 10 месту среди субъектов РФ. Удельный вес производимого областью зерна составляет 2,8% от общего его объема в РФ, сахарной свеклы – 9,4%, семян подсолнечника – 5,7%, картофеля – 2%, мяса – 3,7%, молока – 0,6%, яиц – 0,3%. Показательной является и динамика удельного веса Тамбовской области в аграрное производство Центрального федерального округа (ЦФО). Как свидетельствуют данные таблицы 1, он составлял в 2011 г. – 6,5%, в 2016 г. – 8,6%, в 2020 г. – 9,4%. Среди областей ЦФО Тамбовская область по данному показателю занимала в 2011 г. 5 место, в 2016 г. и в 2020 г. – 4 место (ранжирование произведено порядке убывания).

Удельный вес Тамбовской области в структуре валовой продукции сельского хозяйства Центрально-Черноземного экономического района, включающего пять областей, одним из основных секторов хозяйственной специализации которых является агропромышленный комплекс, занимает около 16%.

Таблица 1 – Объем и структура валовой продукции сельского хозяйства в субъектах Центрального федерального округа за 2011-2020 гг. (в хозяйствах всех категорий; в фактически действовавших ценах)*

Субъекты ЦФО	Валовая продукция сельского хозяйства								
	2011г.			2016 г.			2020г.		
	млн. руб.	уд.вес, %	место	млн. руб.	уд.вес, %	место	млн. руб.	уд.вес, %	место
Центральный федеральный округ	735753	100	×	1307146	100	×	1810428	100	×
Белгородская область	134121	18,2	1	226058	17,2	1	288879	16,0	1
Брянская область	32010	4,3	8	78393	6,0	7	97286	5,4	8
Владимирская область	21889	3,0	12	30833	2,4	13	32877	1,8	14
Воронежская область	99249	13,6	2	199308	15,2	2	262330	14,5	2
Ивановская область	12362	1,7	17	14952	1,1	17	19335	1,1	16
Калужская область	22572	3,0	13	33571	2,6	11	54392	3,0	11
Костромская область	13378	1,8	16	16783	1,3	16	18274	1,0	17
Курская область	54868	7,5	4	124357	9,4	3	193342	10,7	3
Липецкая область	46508	6,3	6	106326	8,1	5	163683	9,0	5
Московская область	96240	13,1	3	98364	7,5	6	113662	6,3	6
Орловская область	35192	4,8	7	68598	5,2	8	105739	5,8	7
Рязанская область	30132	4,1	9	50659	3,9	10	86014	4,7	10
Смоленская область	16954	2,3	15	21249	1,6	15	26773	1,5	15
Тамбовская область	48286	6,5	5	108896	8,6	4	170809	9,4	4
Тверская область	22720	3,1	11	32881	2,5	12	39481	2,2	12
Тульская область	28196	3,8	10	55432	4,3	9	92927	5,1	9
Ярославская область	21076	2,9	14	32054	2,5	14	39412	2,2	13
г. Москва	0	0	18	8432	0,6	18	5213	0,3	18

*Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат.сб./Росстат. – М., 2021. – 1112 с.

В 2020 г. в Тамбовской области по данным Росстата насчитывалось 248 сельскохозяйственных организаций, 2116 крестьянских (фермерских) хозяйств и 275 900 личных подсобных хозяйств. Как видно из данных таблицы 2, в хозяйствах всех категорий Тамбовской области было произведено валовой продукции сельского хозяйства на сумму 170,8 млрд. руб., из них 126,1 млрд. руб. – сельскохозяйственными организациями, 21,9 млрд. руб. – хозяйствами населения, 22,8 млрд. руб. – крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями (КФХ и ИП) [4]. Удельный вес указанных категорий сельхозпроизводителей в общем объеме сельскохозяйственной продукции составил соответственно 73,8%, 12,8% и 13,4%.

Таблица 2 – Валовая продукция сельского хозяйства по категориям хозяйств в Тамбовской области за 2011-2020 гг. (в фактически действовавших ценах)*

Годы	Валовая продукция сельского хозяйства							Хозяйства всех категорий, млн. руб.
	Категории хозяйств							
	сельскохозяйственные организации		хозяйства населения		КФХ и ИП			
	млн. руб.	уд. вес, %	млн. руб.	уд. вес, %	млн. руб.	уд. вес, %		
2011	24 209,9	50,1	18 215,9	37,7	5 859,8	12,1	48 285,6	
2012	31 222,8	56,2	17 745,0	32,0	6 566,3	11,8	55 534,1	
2013	41 308,4	62,1	17 950,5	27,0	7 293,6	11,0	66 552,5	
2014	57 849,7	66,3	20 488,7	23,5	8 960,3	10,3	87 298,7	
2015	81 348,2	68,5	23 054,9	19,4	14 308,4	12,1	118 711,5	
2016	73 916,0	67,9	21 893,8	20,1	13 086,4	12,0	108 896,2	
2017	78 346,1	70,4	22 130,7	19,9	10 855,0	9,8	111 331,8	
2018	91 868,6	72,2	21 339,7	16,8	14 099,7	11,1	127 308,0	
2019	98 771,2	72,5	21 958,7	16,1	15 477,3	11,4	136 207,2	
2020	126 136,3	73,8	21 886,3	12,8	22 786,6	13,4	170 809,2	

*Тамбовская область в цифрах. 2021: Краткий статистический сборник/Тамбовстат – Т17 Т., 2021 – 69 с.

Для оценки существенности структурно-динамических различий применялся индекс В. Рябцева:

$$I_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_{i1} - d_{i0})^2}{\sum_{i=1}^n (d_{i1} + d_{i0})^2}},$$

где d_{i1}, d_{i0} – удельные веса признака в совокупности в отчетном и базисном периодах; i – число градаций в структурах [9].

$$I_{R(2016;2020)} = 0,064;$$

$$I_{R(2011;2020)} = 0,253.$$

Значения индекса демонстрируют существенный уровень структурных сдвигов сельскохозяйственного производства в 2020 г. по сравнению с 2011 г. и весьма низкий уровень различий в 2020 г. по сравнению с 2016 г. Структурные сдвиги характеризуются ростом доли сельскохозяйственных организаций и уменьшением доли хозяйств населения в общем стоимостном объеме сельскохозяйственной продукции [4].

Динамика удельного веса продукции растениеводства и животноводства, представленная в таблице 3, свидетельствует о растениеводческом характере отраслевой структуры сельского хозяйства области. В абсолютном выражении в 2020 г. в регионе произведено 112,6 млрд. руб. продукции растениеводства и 58,2 млрд. руб. продукции животноводства.

Устойчиво выраженная растениеводческая направленность аграрного производства характерна для КФХ и ИП. На сельскохозяйственных организациях соотношение долей растениеводческой и животноводческой продукции сложилось примерно на среднеотраслевом уровне [4]. Преобладание доли животноводческой продукции наблюдалось до 2020 г. только в хозяйствах населения. В 2020 г. ее удельный вес составил 51,9% и стал на 3,8 п.п. меньше, чем удельный вес растениеводческой продукции.

Таблица 3 – Отраслевая структура продукции сельского хозяйства в хозяйствах разных категорий Тамбовской области за 2011-2020 гг.*

Отрасль аграрного производства	Удельный вес продукции отрасли в общем объеме продукции сельского хозяйства в фактически действовавших ценах, %									
	2011г.	2012г.	2013г.	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
Хозяйства всех категорий										
Растениеводство	69,2	62,3	61,8	55,5	63,9	62,2	53,6	55,7	57,8	65,9
Животноводство	30,8	37,7	38,2	44,5	36,1	37,8	46,4	44,3	42,2	34,1
Сельскохозяйственные организации										
Растениеводство	84,0	69,3	65,7	54,7	65,1	63,0	50,5	52,3	54,5	63,3
Животноводство	16,0	30,7	34,3	45,3	34,9	37,0	49,4	47,7	45,5	36,7
Хозяйства населения										
Растениеводство	43,8	40,8	42,9	44,1	44,5	44,8	47,0	47,0	49,4	51,9
Животноводство	56,2	59,2	57,1	55,9	55,5	55,2	53,0	53,0	50,6	48,1
Крестьянские хозяйства и индивидуальные предприниматели										
Растениеводство	87,5	87,2	86,0	87,0	88,5	86,4	88,8	91,4	91,3	93,9
Животноводство	12,5	12,8	14,0	13,0	11,5	13,6	11,2	8,6	8,7	6,1

*Статистический ежегодник, 2021: Стат.сб./Тамбовстат – Тамбов, 2021. – 359 с.

Отраслевая структура аграрного производства отличается по муниципальным образованиям Тамбовской области. Растениеводческую направленность имеют 23 муниципальных образования из 30, 16 муниципальных района из 23. В 17 муниципальных образованиях, в том числе в 13 муниципальных районах, удельный вес продукции растениеводства более 80%.

Удельный вес производства отдельных муниципальных образований в общем объеме валовой продукции сельского хозяйства характеризует территориальную структуру. Данные таблицы 4 показывают, что наибольший удельный вес продукции сельского хозяйства в сто-

имостном выражении приходится на Токарёвский (10,3% от общего производства), Инжавинский (8,6%), Жердевский (6,7%), Знаменский (5,5%) и Сампурский (5,3%) районы. Наибольшая доля растениеводческой продукции наблюдается в Уваровском (8,8%), Тамбовском (7,4%), Петровском (6,2%) районах. По доле животноводческой продукции лидируют Токарёвский (21%), Инжавинский (15,8%), Жердевский (10%) районы.

Стандартизированный коэффициент асимметрии, рассчитанный по распределению муниципальных районов области по стоимости продукции сельского хозяйства, равный 3,54, отражает наличие статистически существенной правосторонней асимметрии – при нормальном распределении находится в пределах (-1,96; +1,96). Это свидетельствует, что территориальное распределение аграрного производства имеет асимметричный характер. Это обусловлено различиями в природных условиях, а также исторически сформировавшимися экономическими традициями муниципальных районов. Основными факторами, лимитирующими развитие сельского хозяйства в периферийных районах, являются недостаток общей и рыночной инфраструктуры, удаленность от перерабатывающих предприятий и центров предоставления агроуслуг [3].

Таблица 4 – Стоимость и удельный вес продукции территорий в валовой продукции сельского хозяйства Тамбовской области в 2020 г. (в хозяйствах всех категорий; в фактических ценах)*

Муниципальные образования	Продукция сельского хозяйства		Продукция растениеводства		Продукция животноводства	
	млн. руб.	уд.вес, %	млн. руб.	уд.вес, %	млн. руб.	уд.вес, %
Всего по области	170809,2	100,0	112620,6	100,0	58188,6	100,0
Городские округа						
Тамбов	472,6	0,3	447,4	0,4	25,2	0,0
Кирсанов	42,6	0,0	25,6	0,0	17,0	0,0
Котовск	102,5	0,1	96,0	0,1	6,5	0,0
Мичуринск	200,2	0,1	171,9	0,2	28,3	0,0
Моршанск	194,2	0,1	171,3	0,1	22,9	0,0
Рассказово	265,6	0,2	225,6	0,2	40,1	0,1
Уварово	172,9	0,1	107,9	0,1	65,0	0,1
Муниципальные районы						
Бондарский	5027,5	2,9	2965,0	2,6	2062,5	3,6
Гавриловский	5214,4	3,0	3241,4	2,9	1973,0	3,4
Жердевский	11383,6	6,7	5560,2	4,9	5823,3	10,0
Знаменский	9496,1	5,5	4168,3	3,8	5327,8	9,2
Инжавинский	14660,3	8,6	5482,9	4,9	9177,4	15,8
Кирсановский	4277,8	2,5	3910,3	3,5	367,4	0,6
Мичуринский	6286,3	3,7	5678,4	5,0	607,9	1,0
Мордовский	7140,3	4,2	6445,9	5,7	694,4	1,2
Моршанский	6415,6	3,8	5834,8	4,8	580,8	1,0
Мучкапский	3676,7	2,2	3345,8	3,0	330,9	0,6
Никифоровский	6269,0	3,7	5050,1	4,5	1218,9	2,1
Первомайский	7753,7	4,5	3157,7	2,8	4596,0	7,9
Петровский	7350,9	4,3	6997,6	6,2	353,3	0,6
Пичаевский	2741,0	1,6	2208,3	2,0	532,7	0,9
Рассказовский	7858,6	4,6	6114,6	5,4	1744,1	3,0
Ржаксинский	6024,1	3,5	5544,9	4,9	479,3	0,8
Сампурский	9102,0	5,3	3998,5	3,6	5103,5	8,8
Сосновский	7512,8	4,4	644,9	0,6	1037,9	1,8
Староюрьевский	4977,6	2,9	4343,8	3,9	633,8	1,1
Тамбовский	10228,9	6,0	8332,9	7,4	1896,0	3,3
Токарёвский	17543,1	10,3	5306,6	4,7	12236,5	21,0
Уваровский	4680,3	2,7	3874,2	8,8	806,0	1,4
Умётский	3778,0	2,2	3337,8	3,0	400,2	0,7

*Города и районы Тамбовской области: Статистический сборник, 2021:Стат.сб./ Тамбовстат. – Тамбов, 2021 – 77 с.

Изучение динамики валовой продукции сельского хозяйства в фактически действующих ценах имеет временные ограничения ввиду влияния ценового фактора на величину дан-

ного показателя и мобильности изменения условий его формирования. Для выявления трендовых показателей сельскохозяйственного производства проанализируем индексы физического объема продукции сельского хозяйства, применение которых обеспечивает сопоставление объемов продукции за длительный период времени в сопоставимой оценке, в результате чего нивелируются различия условий формирования текущих цен в отдельные годы.

Данные таблицы 5 показывают, что в период с 2011 по 2015 гг. сельское хозяйство имело опережающий темп роста физического объема продукции по сравнению с другими экономикообразующими отраслями области: в среднем ежегодно объем продукции сельского хозяйства увеличивался на 19,4%. Данный темп прироста значительно превышал средне-региональный и общероссийский уровни [6].

В последующие пять лет в сельском хозяйстве в отличие от ряда других отраслей сохранилась положительная динамика производства, но с заметно более низкими темпами: средний ежегодный прирост продукции составлял 3,2%. То есть он сложился примерно на среднерегиональном уровне и чуть выше общероссийского значения.

Таблица 5 – Среднегодовые индексы физического объема результатов деятельности основных отраслей экономики в Тамбовской области, ЦФО и РФ за 2011-2020 гг.

Отрасль	Тамбовская область	ЦФО	РФ
В среднем за 2011-2015 гг.			
Сельское хозяйство	119,4	109,3	105,2
Промышленность	109,6	102,5	101,4
Строительство	107,7	101,1	100,1
Оптовая торговля	102,7	99,9	98,9
Розничная торговля	104,2	101,5	101,8
Общественное питание	105,4	103,1	102,2
Платные услуги населению	102,1	100,3	101,5
В среднем за 2016-2020 гг.			
Сельское хозяйство	103,2	102,8	101,0
Промышленность	106,5	105,4	102,0
Строительство	93,9	101,8	101,1
Оптовая торговля	101,1	102,5	102,5
Розничная торговля	97,1	100,4	99,6
Общественное питание	99,8	98,2	96,8
Платные услуги населению	96,8	97,4	97,6

В различных категориях хозяйств наблюдаются различия в темпах роста производства. Предыдущие исследования показали, что после финансово-экономического кризиса 2008-2009 гг. и сложных природно-экономических условий 2010 г. более высокие показатели роста производства демонстрировали сельскохозяйственные организации. Крестьянские (фермерские) хозяйства по сравнению с ними имели несколько меньшие, но достаточно стабильные трендовые показатели. Хозяйства населения, которые обладали большей устойчивостью в обстоятельствах неблагоприятной рыночной конъюнктуры и нетипичных погодных условий, стали характеризоваться регрессивным характером производства [3].

Данные таблицы 6 свидетельствуют, что наиболее высокие средние темпы роста продукции сельского хозяйства характерны для сельскохозяйственных организаций. В последние пять лет при среднегодовом росте объема продукции на сельскохозяйственных организациях и в КФХ и ИП соответственно на 7,8% и 6,0% у населения наблюдалось сокращение производства в среднем ежегодно на 8,5%. Такая ситуация сложилась в обеих отраслях.

Таблица 6 – Динамика производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств в Тамбовской области за 2011-2020 гг.

Период	Индексы физического объема продукции (в сопоставимых ценах; в % к предыдущему году)			
	хозяйства всех категорий	в том числе		
		сельскохозяйственные организации	хозяйства населения	КФХ и ИП
Продукция растениеводства				
В среднем за 2011-2015 гг.	122,2	125,6	113,5	121,9
В среднем за 2016-2020 гг.	103,0	104,8	90,5	106,3
Продукция животноводства				
В среднем за 2011-2015 гг.	116,3	152,1	93,6	112,1
В среднем за 2016-2020 гг.	107,0	112,6	92,1	102,3
Всего по сельскому хозяйству				
В среднем за 2011-2015 гг.	119,4	134,0	102,5	120,8
В среднем за 2016-2020 гг.	103,2	107,8	91,5	106,0

Из данных таблицы 7 видно, что в 2016-2020 гг. опережающий средний темп роста производства в области по сравнению с РФ и ЦФО сохранился только в отрасли животноводства, но в значительно меньшей степени, чем в предыдущий пятилетний период. В среднем ежегодно объем продукции животноводства увеличивался на 7%, растениеводства – на 3%. То есть по сравнению с растениеводством животноводство имело более динамичный характер производства. Это вызвано пролонгированным эффектом интенсивного строительства птицеводческих, свиноводческих и молочных комплексов, которое было реализовано в предшествующий период в формате крупных инвестиционных проектов [3]. Приоритетность в аграрной политике развития животноводства определена программно-целевым подходом к управлению сельским хозяйством. Акцент на развитии птицеводства и свиноводства обусловлен тем, что эти отрасли являются скороспелыми и быстрокупаемыми. Преобладание производства в крупных животноводческих комплексах на промышленной основе обосновано концентрацией производства [2].

Таблица 7 – Динамика производства продукции растениеводства и животноводства в РФ, ЦФО и Тамбовской области за 2011-2020 гг.

	Индексы физического объема продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году)	
	в среднем за 2011-2015 гг.	в среднем за 2016-2020 гг.
Растениеводство		
Российская Федерация	108,6	103,3
Центральный федеральный округ	112,9	104,5
Тамбовская область	122,2	103,0
Животноводство		
Российская Федерация	102,0	101,8
Центральный федеральный округ	105,4	104,0
Тамбовская область	116,3	107,0

Заключение. Таким образом, сельское хозяйство как основная отрасль хозяйственной специализации Тамбовской области характеризуется преобладанием крупного и среднего предпринимательства, представленного сельскохозяйственными организациями и производящего около 3/4 валовой продукции сельского хозяйства, растениеводческой направленностью, относительной динамичностью развития животноводства.

Наращивание в последние годы производственного потенциала крупных агроформи-

рований, располагающих большими возможностями для концентрации производства и использования наукоемких технологий по сравнению с малыми формами хозяйствования, свидетельствует о диверсификации аграрной экономики региона.

Асимметричный характер территориального размещения производства сельскохозяйственной продукции в области, обусловленный экономическими особенностями развития муниципальных районов, обосновывает прецедент включения данного аспекта в региональные программы устойчивого развития сельских территорий.

Существенность различий в темпах роста валовой продукции сельского хозяйства в анализируемые пятилетние периоды связана с сокращением объема инвестирования, что указывает на приоритетность влияния данного фактора на развитие и конкурентоспособность отрасли.

Библиография

1. Лосева А.С. Особенности развития экономики регионов России в условиях пандемии COVID-19 / А.С. Лосева // Саяпинские чтения: Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тамбов, 22 января 2021 года / Отв. редактор А.А. Бурмистрова [и др.]. – Тамбов : Издательский дом «Державинский», 2021. – С. 58-62.
2. Наседкина Т.И. Современное состояние и развитие экономики сельскохозяйственного производства в Белгородской области / Т.И. Наседкина, А.И. Черных, О.В. Гончаренко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 4 (28). – С. 239-256.
3. Попова В.Б. Статистические аспекты изучения аграрного производства на региональном уровне / В.Б. Попова // Социально-экономическое развитие России и регионов в цифрах статистики: материалы IV международной научно-практической конференции, Тамбов, 05 декабря 2017 года. – Тамбов : Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, 2017. – С. 198-220.
4. Попова В.Б. Анализ структуры валовой продукции сельского хозяйства Тамбовской области / В.Б. Попова // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 64-3. – С. 62-66.
5. Попова В.Б. Адаптационные и конкурентные возможности сельского хозяйства региона / В.Б. Попова, А.Г. Луганцева // Социально-экономическое развитие России и регионов в цифрах статистики: материалы международной научно-практической конференции, Тамбов, 06 декабря 2016 года. – Тамбов : Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, 2017. – С. 136-146.
6. Попова В.Б. Анализ динамики производственной деятельности основных экономикообразующих отраслей Тамбовской области / В.Б. Попова, Н.В. Папихина // Актуальные вопросы совершенствования бухгалтерского учета и налогообложения организаций: материалы IV Международной научно-практической конференции, Тамбов, 26 февраля 2015 года. – Тамбов : Тамбовская региональная общественная организация «Общество содействия образованию и просвещению «Бизнес-Наука-Общество», 2015. – С. 263-273.
7. Попова В.Б. Статистико-экономический анализ валового регионального продукта (на примере Тамбовской области) / В.Б. Попова, И.В. Фецкович // Региональная экономика: теория и практика. – 2013. – № 23. – С. 10-15.
8. Региональная статистика: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Статистика» и др. экономическим специальностям / [Е. В. Зарова и др.]; под ред. Е.В., Заровой и Г.И. Чудилина. – Москва : Финансы и статистика, 2006. – 621 с.
9. Ушачев И.Г. Тенденции и перспективы развития АПК Российской Федерации / И.Г. Ушачев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 4 (24). – С. 113-122.

References

1. Loseva A.S. Features of the development of the economy of the regions of Russia in the conditions of the COVID-19 pandemic / A.S. Loseva // Sayapin Readings: Materials of the IV All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, Tambov, January 22, 2021 / Editor A.A. Burmistrova [et al.]. – Tambov : Publishing House «Derzhavinsky», 2021. – pp. 58-62.
2. Nasedkina T.I. The current state and development of the economy of agricultural production in the Belgorod region / T.I. Nasedkina, A.I. Chernykh, O.V. Goncharenko // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2020. – № 4 (28). – Pp. 239-256.
3. Popova V.B. Statistical aspects of the study of agricultural production at the regional level / V.B. Popova // Socio-economic development of Russia and regions in statistics figures: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Tambov, December 05, 2017. – Tambov : Tambov State University named after G.R. Derzhavin, 2017. – Pp. 198-220.
4. Popova V.B. Analysis of the structure of gross agricultural output of the Tambov region / V.B. Popova // Trends in the development of science and education. – 2020. – № 64-3. – Pp. 62-66.
5. Popova V.B. Adaptive and competitive opportunities of agriculture in the region / V.B. Popova, A.G. Lugantseva // Socio-economic development of Russia and regions in statistics figures: Materials of the International scien-

tific and practical conference, Tambov, December 06, 2016. – Tambov : Tambov State University named after G.R. Derzhavin, 2017. – Pp. 136-146.

6. Popova V.B. Analysis of the dynamics of production activity of the main economic-forming industries of the Tambov region / V.B. Popova, N.V. Papikhina // Topical issues of improving accounting and taxation of organizations: materials of the IV International Scientific and Practical Conference, Tambov, February 26, 2015. – Tambov : Tambov regional public organization «Society for the Promotion of Education and Enlightenment «Business Science-Society», 2015. – Pp. 263-273.

7. Popova V.B. Statistical and economic analysis of the gross regional product (on the example of the Tambov region) / V.B. Popova, I.V. Fetskovich // Regional economy: theory and practice. – 2013. – № 23. – Pp. 10-15.

8. Regional statistics: studies. for university students studying in the specialty «Statistics» and other economic specialties / [E.V. Zarova et al.]; edited by E.V., Zarova and G.I. Chudilin. – Moscow : Finance and Statistics, 2006. – 621 p.

9. Ushachev I.G. Trends and prospects of development of the agro-industrial complex of the Russian Federation / I.G. Ushachev // Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2019. – № 4 (24). – Pp. 113-122.

Сведения об авторах

Попова Вера Борисовна, 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 905048-50-20.

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

Popova Vera Borisovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Finance and Accounting, Michurinsky State Agrarian University, st. Internatsionalnaya, 101, Michurinsk, Tambov region, Russia, 393740, tel. +7 905 048-50-20.

Loseva Alla Sergeevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Finance and Accounting, Michurinsky State Agrarian University, st. Internatsionalnaya, 101, Michurinsk, Tambov region, Russia, 393740, tel. +7 953 122-81-12.

УДК 339.138:63

Н.И. Човган, З.Ч. Пак

РОЛЬ МАРКЕТИНГОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Сельское хозяйство является одной из наиболее перспективных сфер мирового бизнеса. Представителям аграрного сектора необходимо активно искать и внедрять высококачественные инновационные решения, которые способны повысить объем производства, переработки и реализации продукции растениеводства и животноводства с высоким экономическим эффектом.

Российская практика свидетельствует о том, что значительная часть предприятий АПК в недостаточной степени используют инструменты инновационного управления для усиления своего конкурентного потенциала. Изменение тенденций в аграрном производстве происходит настолько быстро, что даже наиболее успешным предприятиям трудно предсказать устойчивые конкурентные преимущества своего будущего развития. Без стратегии в связи с изменениями в спросе на ту или иную продукцию, а также учета рисков вследствие непредсказуемых изменений или неудачных и несвоевременных инноваций ни одно предприятие не может длительное время удерживать лидирующие позиции на аграрном рынке.

Ситуация в сфере АПК складывается таким образом, когда из года в год стратегическое управление инновационной деятельностью сельскохозяйственных предприятий направляется на поиск и реализацию инновационных проектов, которые обеспечат стабильное и прибыльное развитие субъекта хозяйствования в долгосрочной перспективе. Выполняя эту функцию, менеджерам аграрных предприятий необходимо создавать собственную инновационную стратегию, которая позволит приспособиться к изменяющимся внешним условиям и определить удачное время для ее реализации. Выбор инноваций зависит от базовой стратегии развития предприятия, его текущего состояния и конкурентной среды, то есть от совокупности внутренних и внешних условий. В статье отмечается, что в России начался новый этап развития сельского хозяйства, который характеризуется увеличением объемов использования инновационных технологий.

В статье исследованы возможности развития маркетинговых инструментов в инновационном кластере АПК, обозначены преимущества их применения. Определены наиболее перспективные инструменты цифрового маркетинга. Установлено, что одними из эффективных для сельхозтоваропроизводителей являются цифровые каналы продвижения аграрной продукции.

Ключевые слова: цифровой маркетинг, инновационное развитие, сельское хозяйство, инновационный кластер АПК, портфель инновационных продуктов.

THE ROLE OF MARKETING TOOLS IN INNOVATIVE DEVELOPMENT AGRICULTURAL ENTERPRISES

Abstract. Agriculture is one of the most promising areas of global business, when representatives of the agricultural sector need to actively seek and implement high-quality innovative solutions that can increase the volume of production, processing and sale of crop and livestock products with high economic effect.

Russian practice shows that a number of representatives of the agro-industrial complex insufficiently use innovative management tools to strengthen their competitive potential. Trends in agricultural production are changing so fast that even the most progressive enterprises find it difficult to predict the sustainable competitive advantages of their future development. Without a strategy for changes in demand for a particular product, as well as taking into account risks due to unpredictable changes or unsuccessful and untimely innovations, no enterprise can maintain a leading position in the agricultural market for a long time.

The situation in the agricultural sector develops in such a way that from year to year the strategic management of innovative activities of agricultural enterprises is directed to the search and implementation of innovative projects that will ensure stable and profitable development of the business entity in the long term. Performing this function, managers of agricultural enterprises need to create their own innovative strategy that will allow them to adapt to variable external conditions and determine the right time for its implementation. The choice of the most effective innovation strategy depends on the basic strategy of the enterprise, its current state and competitive environment, that is, on the combination of internal and external conditions. The article notes that a new stage of agricultural development has begun in Russia, which is characterized by an increase in the use of innovative technologies.

The article examines the possibilities of developing marketing tools in the innovation cluster of the agro-industrial complex, identifies the advantages of their use. The most promising digital marketing tools have been identified. It has been established that digital channels for promoting agricultural products are one of the most effective for agricultural producers.

Keywords: digital marketing, innovative development, agriculture, agro-industrial complex innovation cluster, portfolio of innovative products.

Актуальным направлением в развитии отечественного аграрного сектора является создание условий инновационной активности сельхозтоваропроизводителей, которые могут дать положительный эффект при консолидации усилий и взаимодействия органов власти, науки, образования и бизнеса. Государство должно создать благоприятные институциональные предпосылки и осуществлять прямую поддержку инноваций. Вклад науки заключается в разработке прогрессивных инновационных технологий [3]. Роль образования связана с подготовкой и переподготовкой кадров для бизнеса, который должен осуществлять процесс инвестирования инноваций и их реализацию на аграрных предприятиях.

Исследование глобализационных и интеграционных процессов в международных отношениях, а также учёт усиления конкуренции на рынках сельскохозяйственных товаров на основе внедрения новых технологий и достижений генной инженерии позволяет сделать вывод о необходимости применения новых концепций маркетинговой деятельности в аграрных предприятиях, направленных на более мобильную и интерактивную реакцию на изменения внешней среды.

Для активизации инновационного развития аграрных предприятий целесообразно:

- совершенствовать нормативно-правовое регулирование инновационной деятельности;
- осуществлять техническое и технологическое переоснащение;
- разрабатывать более совершенный механизм стимулирования инновационной активности;
- развивать соответствующую инновационную инфраструктуру;
- формировать качественно новые системы маркетингового, организационно-экономического, информационно-консультационного, образовательного обеспечения сельскохозяйственных производителей;
- углублять и расширять интеграцию аграрной науки и производства;
- внедрять современные информационно-коммуникационные технологии и использовать инструменты цифрового маркетинга.

Учитывая это, возникла необходимость дальнейшего развития теоретических положений, обоснования и разработки научно-методических подходов и практических рекомендаций в сфере повышения эффективности инновационного развития аграрных предприятий с применением маркетингового инструментария.

Инновационный маркетинг включает два направления: собственно инновации и инновации в маркетинге. Инновации, в свою очередь, подразделяются на инновацию-продукт; инновацию-услуга; инновацию-технология [14]. А среди инноваций в маркетинге выделяют: инновации в place, то есть в маркетинговых исследованиях, сегментации, позиционировании; инновации в product, то есть в маркетинговой товарной политике; инновации в price, то есть в маркетинговой ценовой политике; инновации в promotion, то есть маркетинговой политике коммуникаций.

Значительная группа исследователей сельскохозяйственной сферы поддерживает разделение инноваций по предмету и сфере применения в сельском хозяйстве по следующим классификационным признакам: биологические, технологические, технические, химические, экономические, социальные, инновации в менеджменте, маркетинговые.

Анализ и обобщение научной литературы свидетельствует о том, что ведущими учеными уделяется значительное внимание, в частности:

- определению сущности понятия «маркетинг инноваций аграрного предприятия» и обоснованию концептуальных основ маркетинговой ориентации инновационной деятельности аграрного предприятия (Д.И. Климин [7]);
- авторской трактовке термина «агрмаркетинг», ключевая задача которого заложена в организации деятельности в сфере производства и сбыта продукции АПК с учетом проведения инновационной политики, отражающей производство продукции, удовлетворяющей потребности потребителей, и позволяющей вести деятельность предприятия в сфере АПК наиболее рентабельно (М.К. Камилов [6]);

- исследованию современных проблем развития инновационных процессов в аграрной сфере (А.И. Богачев [1]);
- разработке организационно-экономического механизма инновационной маркетинговой деятельности аграрных предприятий в условиях трансформационных изменений рыночной среды, суть которой заключается в: определении миссии; исследовании потенциального потребительского рынка, на который будет ориентирована деятельность; анализу внутренних ресурсов; формированию маркетинговой стратегии во взаимодействии с другими элементами; определению маркетинговой организационной структуры и формированию ее целей и задач; определению каналов товародвижения и разработке системы маркетинга услуг, сопровождающих товар; разработке инновационной товарной политики с учетом колебаний потребительского спроса, ценовой политики, маркетинговых коммуникаций и информационного сопровождения, мероприятий по формированию внутреннего и внешнего имиджа; анализу и корректировке этапов внедрения стратегии (Г.В. Маханько [8]);
- формированию маркетинговой стратегии во взаимодействии с другими элементами, определению маркетинговой организационной структуры и формированию ее целей и задач; обоснованию целесообразности применения подходов и механизмов инновационного маркетинга в инновационной деятельности аграрных предприятий (Akkoyunlu Ş [11]);
- определению каналов товародвижения и разработке системы маркетинга по услугам, сопровождающим товар; разработке инновационной товарной политики с учетом колебаний потребительского спроса, ценовой политики, маркетинговых коммуникаций и информационного сопровождения, мер формирования внутреннего и внешнего имиджа; анализу и корректировке этапов внедрения стратегии (М.Б. Яненко [10]);
- обоснованию концептуальных положений и разработке рекомендаций по совершенствованию управления инновационной маркетинговой деятельностью аграрных предприятий (В.И. Гайдук [2]).

Исходя из вышеизложенного, многоаспектность и дискуссионность отдельных вопросов по выбранной тематике обуславливают необходимость дальнейших научных разработок, что актуализируется в современных условиях трансформации инновационной маркетинговой деятельности аграрных предприятий.

Поэтому цель данного исследования заключается в определении направлений активизации инновационного развития аграрных предприятий с помощью маркетингового инструментария.

На сегодняшний день маркетинговая деятельность большинства отечественных аграрных предприятий находится в стадии формирования и еще не приобрела полноценного развития [12]. В зависимости от стадии организации хозяйственной деятельности на основе концепций маркетинга и в зависимости от объекта управления аграрные предприятия можно условно разделить на четыре группы:

- 1) предприятия, которые не осуществляют никакой маркетинговой деятельности;
- 2) предприятия, которые в своей деятельности внедряют отдельные элементы маркетинговой деятельности;
- 3) предприятия, применяющие отдельные системы взаимосвязанных элементов маркетинга;
- 4) предприятия, полностью переориентированные на маркетинг, как основную философию управления предприятием.

Исследования показывают, что наибольшей по численности является третья группа, к которой относится подавляющее большинство предприятий и которые в своей деятельности обычно пользуются тремя концепциями, находящимися на начальном этапе эволюции маркетинга: производственной, продуктовой и сбытовой [2].

По данным Федеральной службы государственной статистики РФ, количество перерабатывающих предприятий (производство пищевых продуктов) в 2021 году составило 354 – это 19,3% от числа инновационно активных промышленных предприятий и 17,5% от общего количества промышленных предприятий в России.

Количество предприятий, которые внедрили инновации, составило 157, или 22,7% от общего количества таких предприятий по России. Из 157 предприятий порядка 85 (54,6%) – внедрили новую или усовершенствованную продукцию [15].

Таблица 1 – Динамика инновационной активности организаций пищевой промышленности Российской Федерации за период 2010-2021 гг. [15]

№ п/п	Наименование показателя	Годы									Отклонение 2021-2010
		2010	2011	...	2014	2017	2018	2019	2020	2021	
1	Удельный вес организаций, осуществлявших инновации в отчетном году, %	11,6	11,8	...	12,5	7,9	6,0	6,1	6,4	6,7	-4,9
2	Отгружено инновационных товаров собственного производства, выполнено инновационных работ и услуг собственными силами, млрд. руб.	117,8	116,2	...	180,3	291,8	272,3	258,6	254,5	253,7	+135,9
3	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров (выполненных работ, услуг), %	4,9	4,1	...	5,0	7,6	6,6	5,7	5,0	5,3	+0,4

За этот период расходы на инновации предприятий по производству пищевых продуктов составили 64050 млн. руб., или 57,1% от общего объема этих расходов. При этом по направлениям инновационной деятельности подавляющую долю составили затраты на приобретение машин, оборудования, программного обеспечения – 60874 млн. руб. (95% общего объема затрат на инновации данной группы предприятий).

Доля затрат на инновации за счет собственных средств предприятий по производству пищевых продуктов составляет 76% общего объема расходов на инновации соответствующей группы предприятий, за счет кредитов – 24%.

В 2021 году удельный вес организаций, осуществлявших инновации (см. табл. 1), по сравнению с 2010 годом сократился на 4,9%. Вместе с тем, наблюдается положительная тенденция инновационного развития аграрных предприятий. Так, за последние 10 лет отгрузка инновационных товаров собственного производства в сфере АПК увеличилась на 135,9 млрд. руб., а удельный вес инновационных товаров, работ, услуг, в общем их объеме незначительно, но увеличился – на 0,4% [15].

Результаты эмпирических исследований свидетельствуют о недостаточно эффективном использовании маркетинговых инструментов в инновационной деятельности предприятий агропромышленного комплекса [9]. В частности, на основании опроса 153 руководителей и специалистов аграрных предприятий Белгородской области можно сделать вывод, что полный комплекс маркетинга системно осуществляют лишь 35,7% предприятий, для которых характерными являются маркетинговые преобразования.

При этом следует отметить, что инновационные маркетинговые инструменты должны применяться в сочетании с традиционными. В частности, это касается коммуникационной политики (включает инструменты, обеспечивающие связь производителя с рынком: реклама на щитах, создание интернет-магазинов) и стратегии сбыта (заключается в оптимальном выборе каналов сбыта, исходя из их эффективности и способности к адаптации).

В условиях хозяйствования аграрных предприятий значительно усиливается роль и значение информационно-коммуникационных и инновационных технологий (ИКТ). Необходимость применения инновационных элементов маркетинга в агропромышленном комплексе обусловлено рядом факторов (рис. 1).

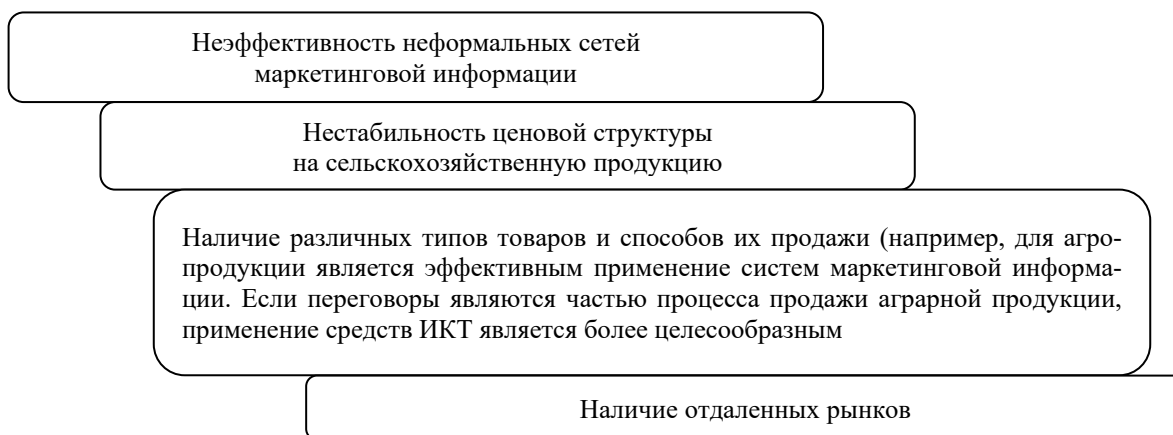


Рис. 1 – Ключевые факторы, обуславливающие целесообразность использования маркетингового инструментария в инновационном развитии агропредприятий¹

На основе обобщения теоретических и прикладных исследований определены основные преимущества применения информационно-коммуникационных технологий как важного маркетингового инструмента в инновационной деятельности аграрных предприятий (табл. 2).

Таблица 2 – Преимущества информационно-коммуникационных технологий в инновационной деятельности аграрных компаний²

Преимущество	Содержание
Сокращение расходов на транспортировку и логистическую деятельность	Аграрные предприятия и фермерские хозяйства получают информацию с помощью ИКТ. Это, в свою очередь, даёт возможность координации действий с другими местными фермерами, в частности в части совместной доставки продукции на удаленные рынки. Кроме этого, наблюдается более эффективное использование складов, упаковочных, транспортировочных и перерабатывающих возможностей; усовершенствованный мониторинг и координация фрахтовых транспортных операций, включая сбор продукции, доставку и страхование; быстрое реагирование на любые перебои в цепях снабжения; отказ от посреднических услуг
Совершенствование планирования и ценообразования	Заключается в повышении эффективности переговоров (используя ИКТ, агропредприятия повышают эффективность переговоров с торговыми компаниями, поскольку они владеют информацией относительно уровня цен на многих рынках); в более обоснованном маркетинговом планировании, которое базируется на информации о рыночных ценах и включает возможность быстрой переориентации на другие рынки, использования услуг других транспортно-логистических компаний и т.п.
Облегчение доступа к производственным ресурсам	Применение средств ИКТ позволяет использовать более качественные ресурсы. Они позволят выбрать поставщиков, получать ресурсы по более низкой цене, а также лучше их использовать в производственном процессе с помощью цифровых и инновационных технологий
Расширение доступа к информации о рынках и контрагентах	Налаживание непосредственного сотрудничества с коммерческими компаниями и другими аграрными предприятиями
Активизация инновационного партнерства	

В мировом масштабе к настоящему времени ситуация сложилась таким образом, когда технологии в АПК находятся на этапе 4.0 («Сельское хозяйство 4.0») и ориентированы на использование экологически чистых природных ресурсов, передовых инновационных технологий и др.

¹ Составлено авторами

² Составлено авторами

Данные технологии способствуют сельхозтоваропроизводителям и малым формам хозяйствования быть более прибыльными за счет:

- роста эффективного управления и реализации сельскохозяйственных процессов на всей цепи создания добавленной стоимости и снижения рисков, объединяя участников экосистемы;
- цифровизации сельскохозяйственной техники с использованием современных средств и устройств.

По экспертным оценкам BIS Research, стоимость мирового смарт-продовольственного рынка на 2022 г. составит 525,3 млрд долл. США, что на 33,2% больше по сравнению с 2017 г. (350,7 млрд долл. США). При этом прогнозная оценка стоимости мирового рынка технологий смарт-земледелия уже к 2022 году должна достигнуть 23,1 млрд долл. США, то есть произойдет рост стоимости рынка на 58,6% против 9,6 млрд долл. США в 2017 году.

По расчетам Grand View Research, прогнозная стоимость мирового рынка сельскохозяйственных роботов составит в 2023 г. 10,8 млрд долл. США, то есть будет наблюдаться рост почти на 62% по сравнению с 4,1 млрд долл. США в 2018 г. Стоимость технологий блокчейн на мировом рынке аграрного хозяйства и продовольствия достигнет в 2023 г. 195,3 млн долл. США и в 4,6 раза превысит показатель 2018 г.

При этом прогнозируется, что следующий этап эволюции – «Сельское хозяйство 5.0» – будет основан на всесторонней роботизации аграрного производства с использованием различных форм искусственного интеллекта [5]. То есть будет происходить активизация инновационного развития аграрных предприятий путем применения инструментов цифрового маркетинга в контексте цифровизации глобальной и национальных экономик.

Каналы цифрового маркетинга: контент-маркетинг (SEO, SERM, SMM, контент PR, e-mail маркетинг, ORM); digital-реклама (контекстная, таргетированная, медийная реклама); мультиканальное продвижение; вебаналитика (табл. 3).

Как отмечают аналитики Gartner [13], маркетинг трансформируется под влиянием следующих основных факторов: изменения в поведении потребителей; более жесткое законодательство об использовании организационных изменений (в маркетинг привлекают все больше специалистов по анализу данных); автоматизация, которая становится одним из ключевых элементов маркетинговых инновационных технологий [4]. Под влиянием этих факторов главной стратегической задачей маркетинговой деятельности аграрных предприятий вместо усовершенствования потребительского опыта должна выступить доходность.

Следовательно, инновации являются двигателем экономического роста и благополучия, как отдельных предприятий, отраслей, так и стран в целом. Это динамичный целостный процесс, который обычно происходит внутри системы управления предприятием. Если усилить работу различных элементов процесса научных исследований, сельскохозяйственной помощи и других форм поддержки инноваций – аграрные предприятия могут стать более эффективными и конкурентоспособными. Данная тенденция может произойти, если все заинтересованные стороны смогут развивать и укреплять свои собственные возможности, и если отношения между ними будут налажены. Новое видение управления предприятиями по инновациям для сельского хозяйства основывается на более широком комплексном подходе, основой которого является инновационный маркетинг.

Таблица 3 – Особенности цифровых каналов продвижения аграрной продукции³

Цифровой	Элементы канала	Характеристика
Контент-маркетинг	SEO	За счет комплексной оптимизации достигается повышение позиций сайта в поисковой выдаче
	SERM (Search Engine Reputation Management)	Управление репутацией бренда заказчика в поисковой системе
	SMM	Продвижение бренда в социальных сетях, регулярное обновление контента в Social media. Взаимодействие с пользователями

³ Составлено авторами по данным [12]

	Контент PR	Создание и размещение рекламы, имиджевых статей о компаниях на самых посещаемых площадках, в онлайн-СМИ и социальных медиа
	E-mail-маркетинг	Формирование базы рассылки целевой аудитории, подбор профильных специалистов по разработке контента для регулярной рассылки
	ORM (Online Reputation Management)	Управление репутацией бренда в интернете, продвижение по репутационным небрендовым запросам для формирования отдельного канала новых продаж
Digital-реклама	Контекстная реклама	Один из самых эффективных инструментов привлечения заинтересованных посетителей на сайт. Рекламные объявления показывают только тем пользователям, которые прямо сейчас ищут товар в Интернете или искали совсем недавно
	Таргетированная реклама	Это вид рекламы наиболее популярный в социальных сетях, где есть возможность определить соответствующую целевую аудиторию для реализации продукции или услуг
	Медийная реклама	Совокупность текстовой, графической и звуковой информации в сети Интернет и офлайн-пространстве, которая мотивирует потенциальных покупателей обратить внимание на рекламные материалы о продукции или услуге
Мультиканальное продвижение		Этот продукт объединяет все цифровые каналы продвижения. По результатам тестового периода определяется стоимость одного звонка / заявки, и все последующие заявки оплачиваются по фиксированной стоимости по факту их поступления
Вебаналитика		Анализ количественных данных и качественных показателей ресурса и сайтов конкурентов, разработка стратегий по повышению поведенческих показателей пользователей и улучшению конверсионных площадок для потенциальных клиентов

Современные экономические тенденции развития требуют от предприятий постоянного совершенствования своей продукции, технологий и технического оснащения ее производства, продажи и продвижения для поддержания высокого уровня конкурентоспособности на рынке. Сельское хозяйство России, несмотря на то, что занимает лидирующие позиции среди отечественных экспортных направлений, а также традиционно является важной отраслью национальной экономики, все же остается недостаточно инновационно насыщенной сферой. Это можно объяснить и спецификой сельскохозяйственной продукции, исключающей регулярное появление новых видов, а возможно является лишь частичным их усовершенствованием. Также российские аграрные предприятия являются достаточно консервативными с позиции управления и технологий производства.

В то же время все больше и больше агрофирм осуществляют внедрение инноваций, как продуктовых, так и технологических и, как результат, инновационные предприятия могут внедрять значительно улучшенные продукты или услуги и новейшие технологии.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, отметим, что для повышения эффективности инновационной деятельности аграрных предприятий с помощью маркетингового инструментария целесообразно внедрять комплекс мероприятий, которые условно можно систематизировать по восьми группам:

- оперативное реагирование: ежедневные статусы и мониторинг изменений; регулярные антикризисные программы; краткосрочное планирование; проведение маркетинговых исследований конъюнктуры аграрного рынка, потребителей;
- оптимизация бюджетов: экономия и сокращение бюджета; приостановление инновационных проектов; оптимизация производственных процессов, сокращение затрат на производство и логистику;
- дистанционный режим и забота о команде: удаленная работа, изменение графика работы; усиление защиты работников, которые не могут работать дистанционно; информирование работников, мероприятия в сфере усиления безопасности сотрудников; онлайн-тренинги и вебинары;

- помощь аграрному бизнесу: повышение корпоративной социальной ответственности, внедрение социальных инициатив, благотворительность; поддержка партнеров, совместимые объекты;
- корректировки маркетинговой стратегии: переход на ситуативный маркетинг; формирование новой стратегии для брендов; адаптация коммуникационной стратегии; изменение плана инновационной деятельности; пересмотр политики ценообразования;
- изменение микса связи: усиление цифровых каналов коммуникации; рост количества SMM-активностей;
- трансформация портфеля инновационных продуктов: создание новых продуктов и услуг, релевантных ситуаций; расширение ассортимента или, наоборот, оптимизация; внедрение дистанционных и онлайн-сервисов;
- усиления *e-com*, фокус на *trade*-маркетинг: развитие *e-com* сегмента; расширение линейки продуктов в Интернете; стимулирование продаж за счет снижения цены; промоактивность.

Библиография

1. Богачев А.И. Инновационная деятельность в сельском хозяйстве России: современные тенденции и вызовы / А.И. Богачев // Вестник НГИЭИ. 2019. – № 5 (96). – С. 95-106.
2. Гайдук В.И. Совершенствование механизмов управления инновационной деятельностью в АПК / Д.В. Бражниченко, В.И. Гайдук, О.С. Глущенко, С.А. Калитко // Московский экономический журнал. – 2019. – № 9. – С. 454-464.
3. Демешева И.А., Тетюркина Е.В. Совершенствование механизма реализации инвестиционной политики государства в аграрном секторе / И.А. Демешева, Е.В. Тетюркина // Российский экономический интернет-журнал. – 2018. – № 4. – С. 109.
4. Джавадова С.А., Молчанова Л.А. Инновационные технологии в основе устойчивого развития ответственного агропромышленного комплекса / С.А. Джавадова, Л.А. Молчанова // Журнал прикладных исследований. 2021. – № 2. – С. 46-54.
5. Инновационное развитие предприятий агропромышленного сектора: монография / Л.А. Молчанова, Д.П. Кравченко. – Белгород : БелГАУ, 2021. – 260 с.
6. Камилов М.К. Маркетинг на предприятиях АПК и проблемы его развития / М.К. Камилов, П.Д. Камилова, З.М. Камилова // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2015. – № 6. – С. 27-35.
7. Климин Д.И. Маркетинговая деятельность и особенности её осуществления в агросервисных предприятиях / Д.И. Климин // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С. 35-39.
8. Маханько Г.В. Формирование эффективного организационно-экономического механизма хозяйствования в агропроизводстве / Г.В. Маханько // КубГАУ. – 2015. – № 107 (03). – С. 118.
9. Ушачев И.Г., Колесников А.В., Чекалин В.С. Развитие инноваций – важнейшая составляющая аграрной политики России // И.Г. Ушачев, А.В. Колесников, В.С. Чекалин // АПК: экономика, управление. – 2019. – № 5. – С. 22-31.
10. Яненко М.Б. Инновационные маркетинговые стратегии развития бизнеса в информационном обществе / М.Б. Яненко // Записки горного института. – 2013. – Т. 205. – С. 285-289.
11. Akkoyunlu Ş. Agricultural Innovations in Turkey. Swiss national Centre of Competence in Research. Working Paper. 2013. №. 30. URL: https://www.wti.org/media/filer_public/
12. Digital-маркетинг в бизнесе: 13 каналов продвижения и обзор их преимуществ. URL: <https://kirulanov.com/13-kanalov-prodvijeni>
13. Gartner: инновационные технологии и изменения в поведении потребителей вынуждают менять стратегии маркетинга. Вестник цифровой трансформации. Январь 2019. URL: <https://www.cio.ru>
14. Министерство сельского хозяйства РФ [Официальный интернет-портал]. URL: <http://www.mcx.ru>
15. Федеральная служба государственной статистики [Официальный интернет-портал]. URL: <https://rosstat.gov.ru/>

References

1. Bogachev A.I. Innovative activity in Russian agriculture: modern trends and challenges / A.I. Bogachev // Vestnik NGIEI. 2019. – № 5 (96). – S. 95-106.
2. Gaiduk V.I. Improving the mechanisms for managing innovative activities in the agro-industrial complex / D.V. Brazhnicenko, V.I. Gaiduk, O.S. Glushchenko, S.A. Kalitko // Moscow Economic Journal. – 2019. – № 9. – S. 454-464.
3. Demesheva I.A., Tetyurkina E.V. Improving the mechanism for implementing the investment policy of the state in the agricultural sector / I.A. Demesheva, E.V. Tetyurkina // Russian Economic Internet Journal. – 2018. – № 4. – P. 109.

4. Javadova S.A., Molchanova L.A. Innovative technologies in the basis of sustainable development of the domestic agro-industrial complex / S.A. Javadova, L.A. Molchanova // Journal of Applied Research. 2021. – № 2. – P. 46-54.
5. Innovative development of enterprises of the agro-industrial sector: monograph / L.A. Molchanova, D.P. Kravchenko. – Belgorod : BelGAU, 2021. – 260 p.
6. Kamilov M.K. Marketing at the enterprises of the agro-industrial complex and problems of its development / M.K. Kamilov, P.D. Kamilova, Z.M. Kamilova // Regional problems of economic transformation. – 2015. – № 6. – P. 27-35.
7. Klimin D.I. Marketing activity and features of its implementation in agroservice enterprises / D.I. Klimin // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. – 2018. – № 2. – P.35-39.
8. Makhanko G.V. Formation of an effective organizational and economic mechanism of management in agricultural production / G.V. Makhanko // KubGAU. – 2015. – № 107 (03). – P. 118.
9. Ushachev I.G., Kolesnikov A.V., Chekalin V.S. The development of innovations is the most important component of the agrarian policy of Russia // I.G. Ushachev, A.V. Kolesnikov, V.S. Chekalin // APK: economics, management. – 2019. – № 5. – P. 22-31.
10. Yanenko M.B. Innovative marketing strategies for business development in the information society / M.B. Yanenko // Notes of the Mining Institute. – 2013. – Т. 205. – P. 285-289.
11. Akkoyunlu Ş. Agricultural Innovations in Turkey. Swiss National Center of Competence in Research. Working Paper. 2013. – №. 30. URL: https://www.wti/org/media/filer_public/
12. Digital marketing in business: 13 promotion channels and an overview of their benefits. URL: <https://kirulanov.com/13-kanalov-prodvijeniya/>
13. Gartner: Innovative technologies and changes in consumer behavior are forcing marketing strategies to change. Herald of digital transformation. January 2019. URL: <https://www.cio.ru>
14. Ministry of Agriculture of the Russian Federation [Official Internet portal]. URL: <http://www.mcx.ru>
15. Federal State Statistics Service [Official Internet Portal]. URL: <https://rosstat.gov.ru/>

Сведения об авторах

Човган Наталья Ивановна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: natalyushka-14@yandex.ru

Пак Зинаида Чейевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: zinpak@yandex.ru

Information about authors

Chovgan Natalia Ivanovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod Region, Russia, 308503, tel.+74722 39-14-26, e-mail: natalyushka-14@yandex.ru

Pak Zinaida Cheyevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Belgorod State University, Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, tel.+74722 39-14-26, e-mail: zinpak@yandex.ru

УДК 658.336

М.Н. Шевченко, В.Н. Лебедь

К ВОПРОСУ О СООТНОШЕНИИ «МОТИВАЦИЯ ТРУДА – УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ ПЕРСОНАЛА»

Аннотация. Современные условия развития экономики диктуют жесткие требования к существованию предприятий на рынке, а ужесточение конкуренции вызывает необходимость поиска новых методов и форм повышения эффективности организации. В связи с этим в последние годы большинство компаний уделяют особое внимание персоналу и его развитию, воспринимая своих сотрудников как главный фактор успешной работы. При этом важным становится повышение мотивации персонала и его заинтересованности в результатах работы предприятия. Существует высокая степень корреляции между удовлетворенностью внешними условиями и оплатой труда, внутренним контролем, возможностями развития, отношениями с руководством и признанием. Чем больше свободы и гибкости в принятии решений и возможности брать на себя ответственность предоставляет организация, тем более удовлетворены ее сотрудники. Удовлетворенность лидерством тесно связана с возможностями для профессионального и личного развития, а также с признанием. Условия работы в высшей степени коррелируют с признанием и возможностями для развития. Между ценностью членства и эмоциональной принадлежностью к организации наблюдается высокая степень корреляции. Ведущим мотивом для значительной части сотрудников были «внешние условия», поскольку они включают такие факторы, как рабочее время, физические условия на рабочем месте и другие. Мотивация человеческих ресурсов тесно связана с сохранением корпоративной культуры и ценностей, которые являются определяющими в достижении высокой эффективности. Отсутствует корреляция между лояльностью и оплатой труда, содержанием работы, обратной связью и, что очень неожиданно, политикой компании в отношении своих сотрудников, т. е. факторы формирования лояльности далеко не материальные, а, наоборот, социальные и непосредственно связанные с ощущением положительного эмоционального восприятия сотрудников. Целью мотивации является достижение чувства общей цели и достижение гармонии между желаниями и потребностями организации и желаниями и потребностями ее сотрудников. Небольшая часть открытий и теорий мотивации эффективно применяется менеджерами, изучившими управленческие навыки на более высоких уровнях или на курсах менеджмента, где больше внимания будет уделяться методам, чем фундаментальному пониманию роли менеджера человеческих ресурсов.

Ключевые слова: управление персоналом, мотивация персонала, система мотивации, стимулирование сотрудников.

ON THE QUESTION OF THE RELATIONSHIP «WORK MOTIVATION – STAFF SATISFACTION»

Abstract. Modern conditions for the development of the economy dictate strict requirements for enterprises to exist in the market, and tougher competition necessitates the search for new methods and forms of improving the efficiency of the organization. In this regard, in recent years, most companies have paid special attention to personnel and its development, perceiving their employees as the main factor in successful operation. At the same time, it becomes important to increase the motivation of personnel and their interest in the results of the enterprise's work. There is a high degree of correlation between satisfaction with external conditions and pay, internal control, development opportunities, relationships with management and recognition. The more freedom and flexibility in decision-making and the ability to take responsibility for them is provided by the organization, the more satisfied its employees. Satisfaction with leadership is highly correlated with opportunities for professional and personal development, as well as with recognition. Working conditions correlate to the highest degree with recognition and opportunities for development. A high degree of correlation is observed between the value of membership and emotional belonging to the organization. The leading motive for a significant part of the employees was the «external conditions», because it includes factors such as working hours, physical conditions at the workplace, and others. The motivation of human resources is closely related to the preservation of corporate culture and values, which are decisive in achieving high performance. There is no correlation between loyalty and pay, job content, feedback, and, very unexpectedly, the company's policy towards its employees, i.e., the factors of loyalty formation are far from material, but, on the contrary, social and directly related to the feeling of positive emotional perception of employees. The goal of motivation is to achieve a sense of common purpose and to bring about harmony between the wants and needs of the organization and the wants and needs of its employees. A small part of the discoveries and theories of motivation are effectively applied by managers who have learned managerial skills from higher levels or in management courses, where more attention is likely to be paid to methods than to a fundamental understanding of the role of human resource manager.

Keywords: personnel management, personnel motivation, motivation system, employee incentives.

Введение. Обязательным элементом кадровой политики является обеспечение целостности интересов личности и коллектива. Это достигается посредством профессионального роста, квалификации и переквалификации, возможности (профессионального) горизонтального и вертикального карьерного роста. С точки зрения менеджмента, ведётся поиск ответа на вопрос: «Почему люди ведут себя по-разному в организации?».

Материал и методы. Объектом исследования в научной статье выступают индивиды различных сфер деятельности, их взаимосвязи между типами удовлетворённости и различными аспектами трудовой деятельности, связанными с мотивацией. При использовании корреляционного анализа, выявлено, что существуют статистически значимые зависимости между ними.

Мотивацией служит состояние индивида, которое заставляет его двигаться, действовать, вести себя определенным образом [1, 44].

Причиной мотивации являются неудовлетворённые амбиции, потребности – недостаточность чего-то, что человек стремится устранить, удовлетворить. Потребности индивида взаимодействуют с потребностями организации и окружающей среды. Менеджеру следует стремиться увеличить общую площадь потребностей индивида и организации.

Результаты. Мотивация не является единственным движущим фактором для индивида. Его исполнение зависит и от способностей, знаний, условий, в которых он действует.

В опроснике о мотивации, предложенном для исследования организаций ООО «Борисовская зерновая компания» Белгородской области (РФ) и ПАО «Луганск нива» ЛНР содержится 24 пункта, которые были разделены на 10 подгрупп мотивации труда, связанной с условиями работы, оплатой и вознаграждениями, содержанием работы, контролем, обратной связью, политикой организации по отношению к её служащим, профессиональным и личностным развитием, признанием и отношениями с коллегами и руководством, которые отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Корреляция между отдельными аспектами мотивации и удовлетворенности

Аспекты мотивации	Удовлетворённость содержанием работы	Удовлетворённость условиями среды	Удовлетворённость отношениями с руководящим составом	Удовлетворённость оплатой	Удовлетворённость отношениями с коллегами	Общая удовлетворённость
Условия работы	0,399 **	0,507 **		0,307 *		
Оплата труда	0,449 **	0,656 **	0,347 **	0,886 **		
Условия труда	0,686 **	0,395 **	0,460 **	0,326 **		0,396 **
Контроль	0,574 **	0,581 **	0,503 **	0,284 *		0,286 *
Обратная связь						
Политика организации	0,397 **	0,467 **	0,237 *	0,323 **		
Возможность профессионального и личностного развития	0,567 **	0,633 **	0,525 **	0,589 **		0,323 **
Признание	0,659 **	0,629 **	0,573 **	0,538 **	0,244 *	0,344 **
Отношения с коллегами	0,386 **	0,326 **	0,426 **	0,257 *	0,367 **	0,246 *
Отношения с руководством	0,434 **	0,515 **	0,701 **	0,258 *	0,317 **	0,355 **

* Корреляция статистически значима на уровнях $p < 0.05$

** Корреляция статистически значима на уровнях $p < 0.01$

Удовлетворённость содержанием работы находится в статистически значимой взаимосвязи с условиями, оплатой и возможностью самому контролировать свою работу. Подобным образом существует очень высокая степень корреляции между удовлетворённостью условиями и возможностью профессионального и личностного развития личности в организации. Другими словами, чем больше возможностей для профессионального развития, самосовершенствования и повышения качеств и умений, тем более личность склонна проявлять удовлетворённость условиями, которые предлагает соответствующая организация. Таким образом, посредством предоставления возможностей, вариантов организация сравнительно

легко может развить у своих сотрудников чувство удовлетворённости условиями, которые им предлагают [3, 123].

Удовлетворённость внешними условиями находится в статистически значимой корреляции с условиями работы и содержанием, как с политикой организации, и отношениями с коллегами. Очень высока степень корреляции между удовлетворённостью внешними условиями и оплатой, внутренним контролем, возможностью развития, отношениями с руководством и признанием. Можем ожидать и «воспитывать» удовлетворённость внешними условиями при политике, связанной с возможностями, предоставляемыми организацией для самоконтроля и самоопределения приоритетов и задач. Или чем больше свободы и гибкости в принятии решений и возможности нести ответственность за них предоставляется организацией, тем более удовлетворены её служащие.

Удовлетворённость руководством находится в высокой степени корреляции с возможностями профессионального и личностного развития, как и с признанием. Руководящая команда воспринимается в качестве хорошей возможности для оценки и обратной связи по отношению к работе и усилиям, вложенным в неё. Факт, что служащие связывают признание и возможности, предоставляемые в организации, на прямую со своим руководителем, говорит об успешной и удачной политике организации и отличной коммуникации между отдельными уровнями [2, 47].

Удовлетворённость оплатой находится в самой высокой степени корреляции с возможностями развития и признания. Хорошая оплата рассматривается как знак хорошо исполненной работы и признания усилий, вложенных в неё. На этом же принципе – достойная оплата и её увеличение в прямой связи с возможностью повышения и развития внутри самой организации. Хорошая и повышающаяся со временем оплата труда рассматривается как оценка результатов и признание их важности.

Общая удовлетворённость находится в прямой зависимости от содержания работы и возможности определения и проведения контроля, как и возможностей развития, признания и отношений с коллегами и руководителями. Общая удовлетворённость не коррелирует значимо с её условиями, оплатой и обратной связью, политикой фирмы.

Далее прослеживается корреляция между отдельными аспектами мотивации, которую можно отследить в таблице 2.

Наблюдается статистически значимая корреляция между внешними условиями труда и оплатой, содержанием труда, признанием и отношениями с коллегами.

Статистически значимая, но низкая как стоимость наблюдается корреляция между оплатой и остальными аспектами, такими, как условия, содержание труда, контроль и политика фирмы. Высокая степень корреляции наблюдается между оплатой и возможностями для развития и признания. Объяснение состоит в том, что более высокая оплата труда воспринимается как признание возможностей и способностей и предоставленной возможности профессионального, личностного развития внутри организации.

Условия труда соотносятся в самой высокой степени с признанием и возможностями для развития. В качестве данной возможности развития и проявления воспринимается интересная и требующая ответов на вызовы времени работа, связанная с возможностью показать, на что ты способен, и вложенный служащими труд будет достойно оценён.

Возможность самостоятельно контролировать свою собственную деятельность воспринимается служащими прежде всего как признание, т.е. доверие. Возможности развития находятся в корреляции почти со всеми остальными аспектами труда.

Статистически значима корреляция между возможностью профессионального и личностного развития и оплатой, содержанием работы, контролем, политикой фирмы, признанием и отношениями с другими – коллегами и руководящим составом. Самая высокая степень корреляции наблюдается между возможностями развития и оплатой. С высокими и почти равными стоимостями корреляции между возможностями развития и признанием, возможностями развития и содержанием работы, между возможностями развития и отношениями с руководством.

Таблица 2 – Корреляция между отдельными аспектами мотивации

Аспекты мотивации	Условия	Оплата	Содержание	Контроль	Обратная связь	Политика фирмы	Возможности развития	Признание	Отношения с коллегами	Отношения с руководством
Условия		0,259**	0,382**					0,34**	0,379**	
Оплата	0,259**		0,358**	0,256*		0,299*	0,639**	0,61**		0,274*
Содержание		0,358**		0,402**	0,291*		0,543**	0,55**	0,282*	0,335**
Контроль	0,382*	0,256*	0,402**		0,354**	0,353**	0,442**	0,41**	0,262*	0,543**
Обратная связь			0,291*	0,354**					0,292*	
Политика фирмы		0,299*		0,353*			0,295*	0,39**		0,299*
Возможности развития		0,639**	0,543**	0,442**		0,295*		0,58**	0,260*	0,550**
Признание	0,337**	0,603**	0,551**	0,410**		0,391**	0,587**		0,378**	0,440**
Отношения с коллегами	0,379**		0,282*	0,262*	0,292*		0,260*	0,38**		0,358**
Отношения с руководством		0,274*	0,335**	0,543**		0,299*	0,550**	0,44**	0,358**	

* Корреляция статистически значима на уровнях $p < 0.05$

** Корреляция статистически значима на уровнях $p < 0.01$

Для установления взаимосвязей между привязанностью и различными аспектами трудовой деятельности, связанными с мотивацией, нами применялся корреляционный анализ, который показал, что существуют статистически значимые зависимости между ними.

В отношении ценности членства наблюдается статистически значимая, но с низкими значимостями корреляция и мотивами оплаты, условиями труда, возможностью развития, признанием, отношениями с коллегами и руководством продемонстрирована в таблице 3. Высокая степень корреляции наблюдается между ценностью членства и эмоциональной принадлежностью к организации.

Таблица 3 – Корреляция между ценностью членства и отдельными аспектами мотивации

Аспекты мотивации	Эмоциональная принадлежность	Оплата	Условия труда	Профессиональный и личностный рост	Признание	Отношения с коллегами	Отношения с руководством
Ценность членства	0,532*	0,319*	0,425*	0,271*	0,373**	0,328*	0,352*

* Корреляция статистически значима на уровнях $p < 0.05$

** Корреляция статистически значима на уровнях $p < 0.01$

Выражена корреляция ценности членства с мотивирующим фактором «условия среды», т.е. чем ценнее членство в данной организации, тем среда воспринимается как более благоприятная с точки зрения возможностей, которые она предоставляет для повышения, карьерного роста, признания. Факторы «условия труда», «отношения с руководством» и «оплата» в умеренной степени связаны с ценностью членства. Содержание труда в высокой степени повышает ценность членства. А также, чем больше работа воспринимается как дающая возможность автономии, контроля, обратной связи и использования способностей и умений, тем сильнее возрастает желание быть и остаться членом данной организации.

Высокая степень эмоциональной принадлежности связана со всеми аспектами мотивации, при этом для корреляций в данном случае характерны стоимости, подобные при ценности членства, которые показаны в таблице 4. Чувство эмоциональной связанности с организацией усиливается в самой большой степени мотивирующей силой возможности профессионального и личностного роста и признанием, как и содержанием труда. Чем убедительнее

служащие мотивированы различными аспектами среды, тем ближе воспринимают организацию как большую семью, себя как её частицу. Мотивация оплаты значимо связана с переживаниями эмоционального привлечения к организации.

Таблица 4 – Корреляция между эмоциональной принадлежностью и отдельными аспектами мотивации

Аспекты мотивации	Ценность членства	Условия труда	Профессиональный и личностный рост	Признание	Отношения с коллегами
Эмоциональная принадлежность	0,532*	0,489*	0,455*	0,457**	0,409*

* Корреляция статистически значима на уровнях $p < 0.05$

** Корреляция статистически значима на уровнях $p < 0.01$

Единственная значимая корреляция между альтернативами увольнения с работы связана с потерей личных привилегий, связанных с увольнением, при этом корреляция в данной ситуации 0,419, при $p < 0.01$. Наше объяснение данному факту следующее: большая часть исследуемых лиц молодые, высококвалифицированные специалисты, у которых нет проблем в поиске новой работы, т. е. нельзя говорить об отсутствии альтернатив. Потеря личных привилегий носила бы материальный характер, т.е. прямо связаны с инструментальной привязанностью.

Лояльность связана, прежде всего, с мотивирующей силой условий среды, отношениями с коллегами и руководством, то есть преобладает влияние внешних аспектов труда. Вопреки ожиданиям оказалось, что высокая степень лояльности поддерживается благоприятными социальными (удовлетворенность руководством и коллегами) и организационными (возможность повышения, признания, карьерного роста; физические условия работы) факторами. Не существует корреляции между лояльностью и оплатой, содержанием работы, обратной связью и, что очень неожиданно, политикой фирмы по отношению к ее служащим, т. е. факторами формирования лояльности являются далеко не материальные, а, наоборот, социальные и прямо связанные с чувством положительного эмоционального восприятия служащих.

Частотное распределение мотивов труда. При исследовании мотивации нами использовался вопросник, содержащий 26 пунктов, разделённых на десять подшкал. Было произведено частотное распределение полученных результатов с целью увидеть, каковы ведущие мотивы, влияющие на поведение личности в процессе труда. На первой позиции – мотив «условия на рабочем месте», а на второй – с незначительной разницей «отношения с руководством». На третьей позиции по мотивирующей силе исследуемые лица указали «условия труда». Удивительно, едва на четвертую позицию был поставлен мотив «оплата», ожидалось, что он будет ведущим. Непосредственно после него служащие поставили возможность для профессионального и личностного развития.

Результаты исследования мотивации труда показаны на рисунке 1 и распределились следующим образом:

1. за варианты ответов, связанные с внешними условиями, были отданы голоса двадцать одного респондента из исследованных лиц или 30%;
2. за варианты ответов, связанные с оплатой, были отданы голоса семи респондентов из исследованных лиц или 10%;
3. за варианты ответов, связанные с условиями труда, были отданы голоса девяти респондентов из исследованных лиц или 13%;



Рис. 1 – Частотное распределение доминирующих с точки зрения исследованных лиц мотивов

4. за варианты ответов, связанные с возможностью осуществлять контроль над собственной деятельностью, был отдан голос одного респондента из исследованных лиц или 1%;

5. за варианты ответов, связанные с обратной связью, был отдан голос одного респондента из исследованных лиц или 1%;

6. за варианты ответов, связанные с возможностью профессионального и личного роста, были отданы голоса пяти респондентов из исследованных лиц или 7%;

7. за варианты ответов, связанные с признанием, были отданы голоса двух респондентов из исследованных лиц или 3%;

8. за варианты ответов, связанные с коллегами по работе, были отданы голоса четырех респондентов из исследованных лиц или 6%;

9. за варианты ответов, связанные с руководством, были отданы голоса двадцати респондентов из исследованных лиц или 29%.

10. Интересен факт, что ведущим для большей части служащих стал мотив «внешние условия», т.к. он включает в себя такие факторы, как рабочее время, физические условия на рабочем месте и другие, т.е. можно говорить, если сослаться на Абрахама Маслоу, о чисто физиологических потребностях и потребностях безопасности. Встает вопрос о первичных или основных потребностях людей, как, например, для условий труда – освещенность, достаточное пространство, отсутствие прямых угроз, защита от опасности и несчастных случаев и

безопасность на рабочем месте.

Согласно теории Фредерика Герцберга, для мотивов гигиены существуют внешние условия работы, отсутствие или недостаточность которых приводит к неудовлетворению работающих. Они называются неудовлетворительными или факторами гигиены, которые включают в себя безопасность рабочего места, оплату, условия труда, статус, политику фирмы, качество технического контроля, качество межличностных отношений между коллегами по работе, руководителями и подчиненными, социальные помощи и пособия. Ранжирование мотивов настоящего анкетирования прямо отражает теорию Фредерика Герцберга. Можно согласиться с тем, что, согласно одной из теорий мотивации, обычно ведущими являются те мотивы, при которых наблюдается неудовлетворенность, т. е. в качестве рекомендации можно предложить работать над теми доминирующими мотивами, при которых существует неудовлетворенность.

Выводы. Мотивация человеческих ресурсов тесно связана с сохранением корпоративной культуры и ценностей, которые являются определяющими в достижении высокой эффективности. Для достижения взаимности или сопричастности интересов и вероисповеданий необходимо принимать во внимание то, что заставляет людей отдавать от себя все лучшее как для их собственных, так и фирменных интересов. Мотивировать людей означает ориентировать их в определенном направлении, предпринимать необходимые шаги для достижения поставленных задач. Целью мотивации является постижение чувства общей цели и обеспечение гармонии между желаниями и нуждами организации, а также желаниями и нуждами ее служащих. Она выглядит, прежде всего, как выражение культуры, которая имеет не только сложное значение, но и применяется в фирмах различными способами.

Причина этого кроется в обстоятельстве, что малая часть открытий и теорий мотивации эффективно применяется менеджерами, которые усвоили управленческие умения от вышестоящих или на менеджерских курсах, где большее внимание, скорее всего, уделялось способам, нежели фундаментальному пониманию роли менеджера в области человеческих ресурсов.

Библиография

1. Экономика и организация предпринимательской деятельности в аграрном секторе: учебное пособие / Шевченко М.Н., Простенко А.Н., Лебедь В.Н. и др.; под общ. ред. М.Н. Шевченко. – Белгород : Изд-во БелГАУ, 2021 – 306 с.
2. Кардашов В.В. Мотивация персонала: теория и практика / Человек и труд. – 2019. – № 10. – С. 47-48.
3. Сорочайкин А.Н. Информационное общество и теория управления персоналом // Основы экономики, управления и права. – № 1 (1). – 2018. – С. 121-125.

References

1. Economics and business organization in the agricultural sector: a textbook / Shevchenko M.N., Prostenko A.N., Lebed V.N. and etc.; under total ed. M.N. Shevchenko. – Belgorod : BelGAU Publishing House, 2021 – 306 p.
2. Kardashov V.V. Personnel motivation: theory and practice / Man and labor. – 2019. – № 10. – P. 47-48.
3. Sorochaikin A.N. Information Society and the Theory of Personnel Management // Fundamentals of Economics, Management and Law. – № 1 (1). – 2018. – P. 121-125.

Сведения об авторах

Шевченко Мария Николаевна, доктор экономических наук, декан экономического факультета ГОУ ЛНР «Луганский государственный аграрный университет», доцент кафедры аграрной экономики, управления и права, экономический факультет, г. Луганск, ЛНР, 91008, моб. +380952062081, mmshevchenko@ukr.net

Лебедь Виктор Николаевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры аграрной экономики, управления и права, экономический факультет, ГОУ ЛНР «Луганский государственный аграрный университет», г. Луганск, ЛНР, 91008, моб. +79102231203, vickt.lebed@yandex.ru

Information about authors

Shevchenko Maria N., Doctor of Economic Sciences, Professor at the Department of agricultural economics, management and law, SEI LPR «Lugansk State Agrarian University», Lugansk, LPR, 91008, моб. +380952062081, mmshevchenko@ukr.net

Lebed Viktor N., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of agricultural economics, management and law, SEI LPR «Lugansk State Agrarian University», Lugansk, LPR, 91008, tel. +79102231203, vickt.lebed@yandex.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 (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.

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: 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.